SUSTENTABILIDADE MEIO AMBIENTE RESPONSABILIDADE SOCIAL

ARTIGOS SELECIONADOS

(Organizador)
José Henrique Porto Silveira

Editora Poisson

VOLUME 10

José Henrique Porto Silveira
(Organizador)

Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social:

Artigos Selecionados

Volume 10

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964
Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social: Artigos Selecionados – Volume 10/ Organização: José Henrique Porto Silveira - Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-583-0
DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Meio ambiente 2. Sustentabilidade. 3. Responsabilidade Social I. SILVEIRA, José Henrique Porto II. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Transparencies: reflections on the evolution recurrences and alternatives under an environmental perspective 06

Sílvia Morel Corrêa

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.01

Capítulo 2: A temática da economia circular na Engenharia de Produção..... 16

Francisco Santos Sabbadini, Kelly Alonso Costa, Miriam Machado Fabris Mesquita

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.02

Capítulo 3: Governança da Informação e Contabilidade: interfaces teóricas e práticas em análise 35

Rosangela de Arruda, Nelson Ortiz Bitencourt, Paulo Ricardo de Jesus Costa, Claúdio Roberto Scalcon, Ana Paula da Costa Mayer, Claudia Janete Lamberty Porto, Morgana de Oliveira Machado, Estéfana da Silva Stertz, Rosana Brettas da Silva, Rayssa Cleide de Oliveira, Daniela Pegoraro, Luis Felipe Dias Lopes

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.03

Capítulo 4: Reuso na indústria têxtil: uma avaliação através do *design* circular e tecnologia 52

Raiane Teodoro de Almeida, Francisco Santos Sabbadini, Kelly Alonso Costa

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.04

Capítulo 5: Revisão bibliométrica do pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar com a relação com a produção de etanol convencional 59

Lucas Vinicius Borges Pereira, Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes, Elvia Leal, Joelda Dantas

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.05

Capítulo 6: Avanços recentes da eletrocoagulação: inovações tecnológicas..... 74

Ana Carolina Ferreira Antonini, Letícia Andreola Velasques, Alcione Aparecida de Almeida Alves, Aline Raquel Müller Tones

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Critérios de sustentabilidade aplicados às obras públicas 84

Roberta Vogas Valença Carrocino

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.07

Capítulo 8: Tijolo de solo-cimento: alternativa para uma construção sustentável 97

Anna Beatriz Jacomassi Ramos, Karen Niccoli Ramirez

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.08

Capítulo 9: Índice de sustentabilidade de um sítio agroecológico localizado no município de Santa Rosa - RS 111

André Luís Bonfada, Darcione Spolaor, Josnei Machry Weber, Alcione Aparecida de Almeida Alves, Aline Raquel Müller Tones

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.09

Capítulo 10: Repensando o uso do plástico: integração de educação e sustentabilidade na escola 122

Ana Luiza de Souza Leite, Diesley Evangelista Mendonça, Isabelle Guedes do Nascimento, Jennyfer Klissya Ferreira Sousa, Josuelma Gomes Silva, Maria Eduarda dos Santos Oliveira, Flávia de Campos Martins

DOI: 10.36229/978-65-5866-583-0.CAP.10

Autores 129

Capítulo 1

Transparencies: reflections on the evolution recurrences and alternatives under an environmental perspective

Sílvia Morel Corrêa

Abstract: The subject of transparency, one of the most characteristic aspects of the Modern Movement, remains as an object of discussion and new considerations under multiple perspectives. It was the theme of the Seminar DOCOMOMO SUL, in 2006, which revised classical examples of modern Architecture. Before that, in 1995, in the Light Construction exhibition, organized by Terence Riley, a great number of contemporary examples were constituted by enclosures of multiple layers of glass and translucent materials featuring shading devices made of light metallic elements. The transparencies – viewed in this paper as a strongly seductive and persuasive attribute to different architects' generations – prevail in the region of the building envelope that seems to oscillate between the desire to break away from the environment or merge with it. Facing the conceptual and pragmatic changes suggested by environmental questions which are central in contemporary architecture, it is intended in this paper to discuss some aspects of the environmental performance of the building's enclosure through an historic approach. This discussion has to be connected to an analysis within a wider perspective of the architectural context, since by isolating the building enclosure as only an element susceptible to performance analysis, we may risk eliminating its historic, aesthetic, constructive and functional meanings.

Keywords: transparencies, comfort, natural lighting.

1. INTRODUCTION

As we think of transparencies from an environmental point of view, it can be stated that architects have enough theoretical knowledge to predict the environmental performance of buildings with transparent façades. However, it is known that this is only one among many focuses of a project – basically visual perceptions can predominate in the judgement of and decisions about a project. Thanos Stasinopoulos' text defines well the situation that has persisted in relation to an uncommitted attitude of architects towards environmental sensibility [1]:

> *'[....] the face of solar design has not acquired a distinctive (and certainly not a tempting) character yet. Most constructed examples consist of neutral buildings with some energy related features attached on them. In overall architectural terms they can hardly be assessed as exciting, thus shaping the public perception that the form which follows the environmental function is not usually attractive. [....] Indeed, words like savings, reduction, kilowatts and dollars reverberate in conferences [....]. Other notions like style, quality of living or imagination are usually absent [.....].'*

In order to expand the scope of reflection on a feature such as transparency – a dominant aspect in the Modern Movement and still a very strongly attractive and persuasive feature regarded by different generations of architects, a review of the main historical landmarks is compared to some updated examples. It is not the goal of this paper to present solutions, but rather look for new views, so that the natural environment feature can also be incorporated as a sensory quality, i.e., the perceptions stated about such venues.

2. EVOLUTION OF TRANSPARENCIES

No landmark for this review other than Paxton's 1851 Crystal Palace (fig. 1) can be pointed out. At that time a note in the Times magazine by the emigrant German politician Bucher [2], reads:

> *'We see through a delicate network of lines, without having any clue by means of which we might judge their distance from the eye or its various dimensions. [...] Instead of moving from the wall at one end to another, the eye sweeps along an unending perspective which fades into the horizon. [....] There is no light-and-shadow play that can allow our eyes to gauge measurements. If we let our eyes rise, they will find the blue-painted lattice girders. At first these occur only at wide intervals; then they range closer and closer, until they are interrupted by a dazzling band of light – the transept – which dissolves into a distant background where all materiality is blended into the atmosphere.'*

Figure 1: Paxton Crystal Palace. [Online]

Available: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Crystal_Palace_interior.jpg /[04/03/09]

Only eighty years later did the first glass houses appear. The first one built between 1928 and 1932, the Maison de Verre (fig. 2), was executed by Pierre Chareau, in association with Bernard Bijvoet - a house with a complex functional programme meant to be a gynecologist's office and be completely independent from the family's residence.

Figure 2: Maison du Verre, photo: Daniel Lebée, SDIG [Online]

Available: http://www.culture.gouv.fr/ culture/ inventai/itiinv/archixx/imgs/p26-03.htm [05/03/09].

This house, whose envelope became the classic example of translucent lighting, consists of a new and special experience, which is well illustrated in Herman Hertzberger's text [3]:

> *'But I can't imagine anyone who, upon entering this house for the first time will not be amazed at the space that unfolds before him on the other side of this solid glass wall. For me, this house – a unique space, an articulation of places blending and overlaying one level upon another, without visible divisions – has represented a whole new experience. [....] The entrance, with*

its acoustic transparency, makes any remote corner of the house audible, and together with the unusual feature of light filtered by the glass blocks, diffuse and quiet like indirect light, evokes an extraordinarily peaceful and airy atmosphere.'

Figure 3: German Pavilion, photo: Vicens (License: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)[Online]

Available:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Pavelló_Mies_18.JPG [04/03/09]

The third example could not be any other than the Pavilion of Barcelona, of 1929, an archetype of Mies van der Rohe's work, in which he intends to express a compositive determining system for his future works, a system that would produce free plans with fluid transitions between spaces - a feature that was kept essential to his work. The pavilion is one of the memorable venues of architecture precisely because of this interpenetration of exterior and interior, generating Gideon's so-referred intermediary spaces, belonging to the third space age conception [4]. Its objective is to accomplish the transition between inside and outside, sometimes to integrate, sometimes to separate (fig. 3).

Figure 4: Farnsworth House, photo: Jon Miller & Hedrich Blessing [Online]

Available: http://www.farnsworthhouse.org/photos.htm [04/03/09]

The Farnsworth House has become the archetype of the 'Glass Box' project carried out in 1946. However it was finished only in 1951 (fig. 4). The dispute between Edith Farnsworth and Mies van der Rohe [5], based on the fact that it is an unlivable house because of its high heating cost, is widely known. This spatial perception, however, is an experience to be mentioned: *'...with its strict and minimalist shapes the house stimulates a very sharp awareness of the building envelope: waking up to living curtains because the silhouettes of lime orange tree leaves were one of the very unique pleasures it rendered, according to a later owner, Lord Palumbo[6].'*

Yet, Philip Johnson's Glass House (fig. 5) concurrent with Farnsworth, both made of glass, was largely used. Johnson even died in his own house in 2005. Mies kept pure glass forms throughout his work. Johnson, like Mies, did not want to compromise shape by adding parasols [7], yet placed the house in an oak forest, with old leaves that can filter the sun in the summer and allow sunshine in the winter for heating.

Figure 5: Glass House,photo:Paul Warchol [Online]

Available: http://images.businessweek.com/ss/06/11/1122_glasshouse/source/1.htm [13/04/2008]

The Brazilian examples of this period are not entirely made of glass. Niemeyer's Canoas House follows the modern pattern with the peculiarity of completely adjusting to the site and to its topography, generating beautiful curves that invite penetration into the forest (fig 6). Opening and closing gestures will account for opposing opaque zones to transparency; concave wood-finished walls reflect the sunlight that streams through the trees around the house. The bedrooms are downstairs surrounded by opaque walls. Yet covered by glass layers, one can say that from the lighting point of view the theme of this residence is shadow or dim light [8]. According to Niemeyer, the shadow justifies transparency: *'.... And for the living rooms I created a shadow zone so that the glass would avoid the curtains and the house could then be transparent, as I so preferred [9]'.*

Figure 6: Casa das Canoas, source: "Brazilië. Laboratorium van architectuur en stedenbouw"[Online]

Available: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq003_03.asp [04/03/2008]

Another example in Brazil, is Lina Bo Bardi's Glass House [10], which, likewise, is not completely a glass box, but features the social area in a transparent suspended pavilion (fig. 7), adjacent to the opaque block of the bedrooms, which is laid on the ground.

Figure 7: Casa de vidro, photo:Nelson Kon [Online]

Available:http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq074/arq074_01.asp [13/04/08]

Thus, we can observe that the Brazilian examples opted for not being as strict as Mies concerning the sublimation of functional requirements. Contrary to the previous examples this reveals an adaptation to the site – the box is simply lying on the ground; what is at stake is the attitude towards glass, which is used as a reflecting surface or the fading of the surface into pure transparency. In fact, by opting for horizontal plane reflected in spatial flow, Mies manifests his option for tapping into light reflection to get floors and ceilings with identical luminous intensity, as it can be seen in the Barcelona Pavilion (fig. 3). By means of reflectibility, Mies refutes the idea of dense lighting directed and concentrated that is shattered by the most obvious verticalities: the rays of the sun [11].

3. CURRENT PANORAMA

Fifty years later it is still pertinent to review the significant examples when bringing current projects to life, the case in Brazil, in which references do not yet seem to be overcome. The example shows Mariante house, which is a square concrete box supported on pilotis (fig. 8), with glass wall [12]. The house was designed by MMBB Architects and is located in the condominium *Aldeia da Serra* in São Paulo. It still surprises neighbors as an unexpected language in the local context, as it clashes with the consensual homogeneity of the surrounding houses. The concern with the environment stated both as the features of the suspended box - facilitating natural ventilation – as well as the roof with a 20cm reflecting pool which acts as a thermal element, preventing severe summer temperatures which heat the slab, helping to protect the lower floor.

Figure 8: Casa Mariante, photo: Nelson Kon [Online]

Available: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp225.asp [05/03/09]

The expression “a curtain wall” was incorporated to architecture lingo several decades ago, but it was really explored by the architect Shigeru Ban in Japan. The house is open to the exterior and uses contemporary materials under new interpretations of Japan’s traditional styles. Long decks run along the east and south sides of the living area on the second story and a canvas curtain is put up on the external façade between the second and third storys (fig. 9). Inside, conditions are controlled by opening and closing this Japanese style curtain wall, favoring natural ventilation in the summer. In the winter a set of sliding glass doors in combination with the curtains may provide for complete isolation and privacy.

This fine membrane refers to *Shoji* and *sudare* (screens), and *fusuma* (doors) which appear in traditional Japanese architecture. The result is not only stunning but also thoroughly adequate to the context, evidencing simplicity, beauty and innovation [13].

Figure 9: Curtain Wall House, picture: Shigeru Ban Architects [Online]

Available: http://www.designboom.com/ history / ban_curtainwall.html [13/04/08]

Summarizing the way Peter Zumthor thinks of light [14], we can establish the following considerations about possible strategies for the building envelope: first, as transparency that allows light to pass through and tests materials to see it reflecting and transmitting and second, as the opaque box that is being excavated. Alberto Campo Baeza's project [15] the Blas house in Seville, is a synthesis of this discourse. The building is seated on a tectonic platform over which rises the glass belvedere and from where a beautiful landscape is revealed. It perfectly responds to public and private duality (fig. 10). In this aspect it follows the Canoas house and Lina Bo Bardi's Glass House, limiting transparency to the public facet of the programme.

Figure 10: Casa Blas, photo: Estudio Campo Baeza (License: http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)[Online]

Available:http://www.flickr.com/photos/campobaeza/441041858/in/set-72157600038837061/ [05/03/09].

Adding to the alternatives cited by Zumthor, the intermediary space should be mentioned: that architecture, according to Gideon - already cited here, one can recognize an intense interpenetration of exterior and interior. We turn again to Mies's Barcelona Pavilion, featuring an emblematic example of this flowing communication. However, the intermediary space is much more common. When examined, it surprisingly shows an ample array of very diverse situations - from primitive civilizations until today, as much

in Barroque as in the Modern Movement, from single-family housing to representative buildings, in humid and dry climates, in simple constructions or in palaces [16]. Space characterized by such flexibility not only shows suitable environment application but also creates a bigger enclosure area of the building, with great capability of adding resources to optimize its performance.

4. FINAL CONSIDERATIONS

In the entire discourse above, the use of transparency demonstrated an extroverted procedure, the desire for an opening to space, a wish for lightness, flotation or even dematerialization. Yet the case of Mies van der Rohe is another instance, for there is an intention of privacy obtained through walls and vertical planes skillfully positioned maintaining the spatial flow and the arrangement of furniture and objects determine the particularity and use of space. Including strategies of transparency and opacity in the same building has advantages from a practical point of view such as solving functional and technical privacy and habitability issues. Such issues were partially disregarded by Mies in the Farnsworth house – for which he was so opposed (at that time he had unreserved admiration for the outstanding advances in artificial conditioning). At the same time, connecting layers of transparency that will add different functional and energetic solutions as possibilities to the protection of and opening to the environment - so as to build up adaptabilility potencial to this envelope - will lead to a living and interactive building which positively reacts to the environment and vice-versa – as can be seen in Curtain Wall House.

The intermediary space – a great recovery for modern architecture – shows how multiple relations are present in several fields of action and scopes in architecture and landscaping, within closed and open spaces. It proposes new forms of architecture whereby it is not necessary to distinguish indoor from outdoor, whereby use may be accommodated indistinctively and establish much more direct relationships. Frontiers or limits vanish, dissolving and generating new transition spaces - which hold great potential for green solutions.

It can be claimed, at first, that still-emerging environmental aspects we can deal with both functionally and technically have to do with project decisions regarding enclosure and transparency, covering and uncovering acts which are beyond simply admitting or excluding heat. It can be further stated that the visual aspect of transparencies is actually intrinsically related to natural light admission – not as a lighting system, but rather as matter and energy, which will, at the same time, animate and be the soul of the building. This theme is open and still challenging continuity possibilities. It is thus a subject open to multiple views that allows for revisiting this architectural path.

The visual form is unquestionably and inevitably fascinating to architects, even being environmentally-friendly architecture defenders. This is widely known, almost as though sustainability were an issue to be sublimated anywhere along the process due to stronger sensorial needs – which we are not always aware of. However, it is important to note that the place for natural comfort and sustainability itself is to be found exactly at the sensory level in a subtle way - unperceived in those spectacular photographs printed in related publications - so that comfort can actually be in our priorities as part of a design decision.

REFERENCES

[1] Stasinopoulos, Thanos, Twenty Years Later – A critical Review of Solar Architecture Between 1973-93. [Online] Available: http://www.oikotekton.net/20years.htm, [15/03/08].

[2] Gideon, S., (1978) Espacio, Tiempo y Arquitectura: el futuro de una nueva tradición, Dossat, Madrid, 5ª ed., p.260. apud Lutero Bucher, Kulturhistorische Skizzen aus der Industrie-ausstellungaller Völker , Francfort, 1851, p.174.

[3] Hertzberger, Herman, (1996). Lições de Arquitetura, Ed. Martins Fontes, S. Paulo, p.238.

[4] Gideon, op. cit. p. xxix

[5] Zimmerman, C., (2006). Mies van der Rohe, Ed. Taschen, Köln.

[6] Weston, R., (2005). Plantas, cortes e elevações - Edifícios chave do século XX, Ed. G. Gilli, Barcelona, p.92-93.

[7] Roth, L., (2000). Entender la arquitectura sus elementos, historia y significado, Ed. G. Gilli, Barcelona, p.134.

[8] Barnabé, P. M. M., (2008) A Luz Natural na Casa das Canoas. [Online] Available: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq103/arq103_02.asp [10/01/09]

[9] Idem apud Niemeyer, O., (1958). Casa das Canoas. In: *Revista Módulo*, n. 14, p.20.

[10] Guerra, A., Ribeiro, A. C., (2006) Casas Brasileiras do séc. XX. [Online] Available: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq074/arq074_01_asp [13/04/08]

[11] Abalos, I., (2003). A boa-vida, G. Gilli, Barcelona, p.31.

[12] Serapião, F., (2003) Moderna, Brutalista e Contemporânea. [Online] Available: http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura402.asp, [14/4/2008]

[13] Pilloton, Emily, Shigeru Ban Curtain Wall house, [Online] Available: http://www.inhabitat.com/2007/05/22/shigeru-ban-curtain-wall-house/, [13/4/2008]

[14] Zumthor, P., (2006) Atmosferas, Ed. G. Gilli, Barcelona, p. 60-61.

[15] Oliveira, L. B., Caixa de contrastes. Casa de Blas em Sevilha La Nueva, Madrid, [Online] Available: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp055.asp, [13/3/2008].

[16] Coch Roura, H., (2003). La utilitat dels espais inútils. Una aportació a l'avaluació del confort ambiental a l'arquitectura dels espais intermedis . Tesi doctoral . Departament de Construccions Arquitectòniques I . UPC, p. 12

Capítulo 2

A temática da economia circular na Engenharia de Produção

Francisco Santos Sabbadini
Kelly Alonso Costa
Miriam Machado Fabris Mesquita

Resumo. No presente estudo apresenta a evolução do tema da economia circular, no contexto da sustentabilidade como campo relevante de conhecimento da Engenharia de Produção. A economia circular propõe novos modelos de produção, e tem ao longo da última década tido destaque no contexto da produção sustentável e dos modelos de negócios. Os resultados obtidos no estudo permitiram identificar oportunidades de pesquisa e de desenvolvimentos na área, sendo tema promissor e em crescimento.

Palavras-chave: Economia Circular, Engenharia de Produção, Sustentabilidade Industrial, Cadeia de Suprimentos Sustentável, Produção Sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação no uso de recursos finitos é um tema que tem de forma recorrente sido foco das preocupações da comunidade internacional, em face dos impactos ao meio ambiente e o risco de esgotamento dos fatores de produção gerados no modo de produção atual, linear, baseado em extrair, transformar e descartar. Esse é um modelo que está atingindo seu limite e impactando a economia de forma global, assim como a sustentabilidade do planeta. Propostas para viabilizar o uso racional dos mesmos têm aumentado e seguido na direção da transição para uma economia circular (Ellen Macarthur Foundation, 2017).

A economia circular é um conceito que sugere uma nova abordagem de produção, que une o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental. Este modelo se contrapõe à economia linear e propõe a criação de um sistema circular sem refugo, com reaproveitamento dos recursos que seriam descartados e integrando-os no mesmo ciclo ou em um novo ciclo produtivo (ABEPRO, 2016).

O uso dos recursos finitos de forma econômica e racional, de forma a reduzir ou eliminar os desperdícios é a essência do modelo circular. Isto requer repensar conceitos enraizados na cultura e nas práticas da sociedade como: o crescimento econômico, consumo e produção, objetivando reduzir os impactos ambientais negativos (Latouche, 2012) e melhorando as práticas sustentáveis, o que implica em que organizações adotem novas práticas de produtivas, levando em consideração os aspectos sociais e ambientais (ABEPRO, 2016).

Neste sentido a engenharia da produção, no seu enfoque da produção sustentável, está orientada para o uso racional dos recursos e na busca da otimização das operações. Mudar as práticas de produção significa analisar todas as etapas que compõe o processo produtivo, desde a extração de recursos até seu descarte final, levando em consideração a gestão do ciclo de vida de cada produto (Swar et. al., 2011), propondo uma nova visão direcionada à produção e consumo sustentável.

A estruturação e implementação de um sistema de produção circular estão diretamente ligadas à engenharia de produção, dada a abrangências das áreas pertinentes a este campo do conhecimento, tais como cadeia de suprimentos e logística reversa, sugerindo um ciclo fechado de produção, elaboração de projetos, desenvolvimento de produto, entre outras (ABEPRO, 2016). Um exemplo desta relação pode ser visto em Weetman (2019), que propõe que as cadeias de suprimentos sejam estrategicamente planejadas para uma economia circular, envolvendo desde o projeto dos produtos, passando pelo redesenho do modelo de negócio, no que se denomina então de cadeia de design e suprimentos.

2. PROBLEMA E OBJETIVO

2.1. PROBLEMA

Neste contexto o presente artigo apresenta os resultados iniciais do estudo buscando identificar e entender como está evoluindo a pesquisa e a produção científica na interseção entre dois campos do conhecimento: economia circular e as áreas da engenharia de produção.

2.2. OBJETIVO

No intuito de encontrar respostas para a questão problema motivadora, foram estabelecidos os seguintes objetivos, a saber: 1) Identificar as principais áreas da engenharia de produção e os atores de pesquisa relacionados com a economia circular; 2) Mapear as interações entre os agentes na produção de conhecimento neste campo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas combinações entre 35 palavras-chave relativas à engenharia de produção, tomando por base os principais campos conceituais da área segundo a ABEPRO (2015), mostradas na figura 1. No mesmo sentido foram utilizadas combinações destas palavras com os principais tópicos da economia circular. O período considerado para pesquisa foi desde agosto de 2019 até o dia 10 de janeiro de 2020.

A *Scopus* foi utilizada, para identificar a evolução das publicações envolvendo economia circular no período de 2015 a 2019. A busca seguiu o seguinte critério:

- Pesquisar pela palavra-chave "*circular economy"* de modo a identificar a evolução das publicações, os países e as áreas com maior número de ocorrências;
- Realizar uma busca relacionando as palavras chave "*circular economy", "industrial engineering" e "production engineering"*;
- Realizar uma busca associando a palavra-chave "*circular economy*" com os principais tópicos relacionados às grandes áreas da engenharia de produção, as quais estão destacadas na figura 1, com base na estrutura da ABEPRO;

Figura 1 – Palavras-chave

ProductionEngineering	Project management
Industrial Engineering	inovation
ProductionandOperations Systems Management	Technology
Production Planning andControl	cost
Maintenance management	Risk management
Layout	Ergonomics
DiscreteandContinuousProductive Processes	Workplacesafety
EngineeringMethods	
Supply Chain	Environmental management
Inventory Management	Environmental Management Systems
Logistics	Natural Resource Management
OperationalResearch	Energy Resource Management
Optimization	Effluent Management
Simulation	Industrial Waste Management
Decision-makingprocesses	CleanerProduction
quality	Eco-efficiency
ProductDevelopment	Social responsability
product design	Sustainabledevelopment

Fonte: Autores (2020).

- Realizar uma busca associando o tópico com o maior número de publicações com

"circular economy" e *"industrial engineering"/"production engineering"*;

- Montar um quadro relacionando as palavras-chave relacionadas às grandes áreas da engenharia de produção;
- Identificar os artigos mais citados dentro das 5 áreas com mais publicações;
- Elaborar uma tabela informativa sobre os periódicos onde os artigos mais citados foram publicados, incluindo seu respectivo fator de impacto e a avaliação qualis nas áreas de Engenharias III e Administração;
- Elaborar uma tabela informativa sobre os autores, incluindo informações sobre suas instituições e país.

Os resultados da pesquisa possibilitaram as seguintes avaliações:

- A evolução em termos da quantidade de publicações referentes à economia circular no período em análise, 2015 a 2019;
- A distribuição das publicações por países, permitindo elaborar um *ranking*;
- Os percentuais de publicações relacionadas à economia circular por área de estudo;
- As publicações relacionadas a cada tópico de engenharia de produção associadas om economia circular. As avaliações mencionadas serão apresentadas e discutidas na próxima seção.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de economia circular foi desenvolvido a partir de uma perspectiva multidisciplinar, com diferentes abordagens envolvendo áreas como engenharia, economia, ecologia, design e negócios (Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2018), que considera o conceito da criação de valor por meio do uso racional dos recursos e minimização dos impactos ambientais causados pelos produtos em todas as fases do seu ciclo de vida, sugerindo a reutilização dos mesmos (Seroka-Stolka & Ociepa-Kubicka, 2019).

Neste sentido representa uma mudança de paradigma na maneira em que o homem se relaciona com a natureza e visa prevenir o esgotamento de recursos, fechar ciclos de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável (Prieto-sandoval et al., 2018). A proposta é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo que ocorre entre o pós-uso e a produção (Moraga et al., 2019).

Uma estratégia que pode ser utilizada é a criação de fluxos de retorno, onde um produto que seria descartado é utilizado para alimentar outros ciclos, aumentando a vida útil dos mesmos e reduzindo os desperdícios de recursos escassos (Svensson& Funck, 2019).

A proposta da economia circular é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo ocorre entre o pós-uso e a produção. A economia circular abrange diferentes abordagens, e por este motivo devem ser estabelecidos diferentes limites e indicadores para sua definição, incluindo os diferentes significados, sem excluir potenciais significados (Moraga et al., 2019).

Avaliar os impactos da sustentabilidade de uma iniciativa política requer avaliar os impactos em três domínios: ambiental, econômico e social. A avaliação do índice potencial da economia circular está relacionada à compreensão de quanto a atividade econômica da produção e do consumo está inserida dentro de um território do próprio país e no exterior (Geerken et al., 2019).

Apesar dos benefícios apresentados na literatura, a transição do modelo linear para a economia circular está em um estágio embrionário, visto que as empresas que começaram a mudar suas rotinas ainda são minoria e a maior parte ainda mantém uma abordagem linear (Gusmerotti, et al., 2019).

Berardi e Dias (2018) destacam que iniciativas para minimizar os impactos, por meio da introdução de critérios socioambientais, têm surgido em face da insuficiência do modo linear de produção na mitigação das externalidades negativas, que se configuram como impactos danosos ao meio ambiente.

No mesmo sentido essa nova abordagem vem ao encontro dos três princípios fundamentais da economia circular que são preservar e aumentar o capital natural, com o controle dos estoques finitos e do equilíbrio no uso de recursos renováveis; otimizar o uso dos recursos de produção com ênfase na circulação de produtos e materiais com o máximo de utilização e fomentar a eficácia do sistema pela identificação e eliminação das externalidades negativas dos processos.

Os sistemas industriais e de manufatura têm um enorme impacto no consumo de energia, na extração de recursos e na produção de resíduos e lixo, que são jogados no meio ambiente e, portanto, resultando em dano para a sociedade. Por essas razões, a produção sustentável é uma das questões fundamental e estratégica que deve ser considerada no sentido de promover o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável (Franciosi, Lambiase, & Miranda, 2017).

Um aspecto que aproxima a temática da economia circular ao corpo de conhecimento da Engenharia de Produção é a dimensão estratégia para o desenvolvimento e modelos de negócio sustentáveis e lucrativos, com seu escopo definido na cadeia de suprimentos (Weetman, 2019).

4.2. ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A engenharia de produção é considerada uma grande área da engenharia composta por diferentes subáreas que estão direta ou indiretamente ligadas entre si e destinam-se à integração de bens e serviços, englobando diferentes processos, que vão desde a modelagem de sistemas e processos até a manutenção dos recursos, melhorando sempre que possível o ambiente em questão (ABEPRO, 2015). A demanda em relação ao corpo de conhecimento e soluções da engenharia de produção vem das empresas industriais e de serviços, com o intuito de atender à necessidade de criar produtos e serviços unindo confiabilidade, inovação, bons preços e processos de fabricação sustentáveis (Slack; Chambers; Johnston, 2009).

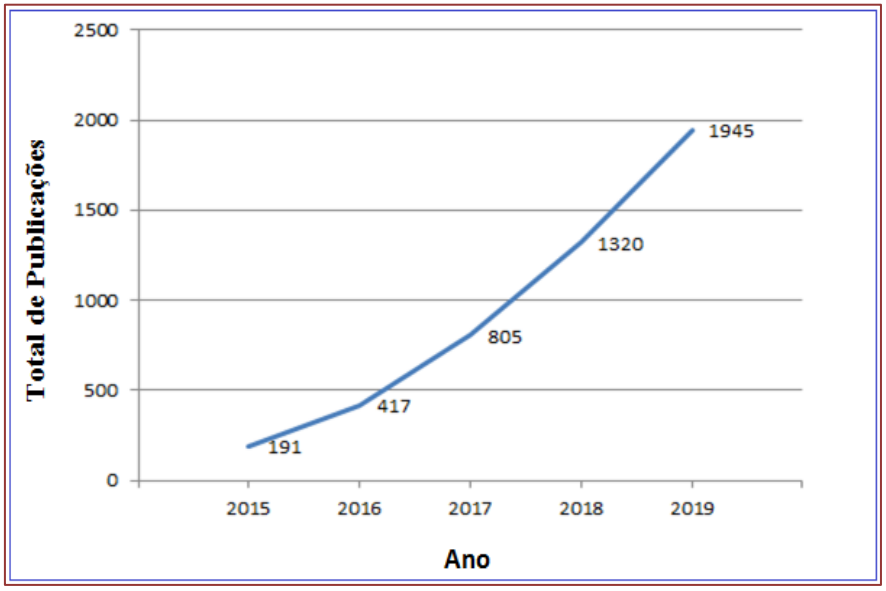
A engenharia de produção é composta por 10 áreas, que são: engenharia de operações e processos da produção, logística, pesquisa operacional, engenharia da qualidade, engenharia do produto, engenharia organizacional, engenharia econômica, engenharia do trabalho, engenharia da sustentabilidade, educação em engenharia de produção (ABEPRO, 2015). Assim, dada a diversidade dos campos de conhecimento que

abrange e ferramentas de que dispõe traz oportunidades de novas soluções para a produção, de modo a melhorar a eficiência e reduzir o custo total por meio de novas tecnologias emergentes. Sensores e redes para o monitoramento de processos e o controle em tempo real surgiram para apoiar os esforços de fabricação sustentáveis (Lajevardiet al., 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca para a palavra-chave "*circular economy*", resultou na identificação de 4678 publicações no período de 2015 e 2019. A figura 2 mostra a distribuição por ano ao longo do período pesquisado.

Figura 2 – Evolução no número de publicações por ano

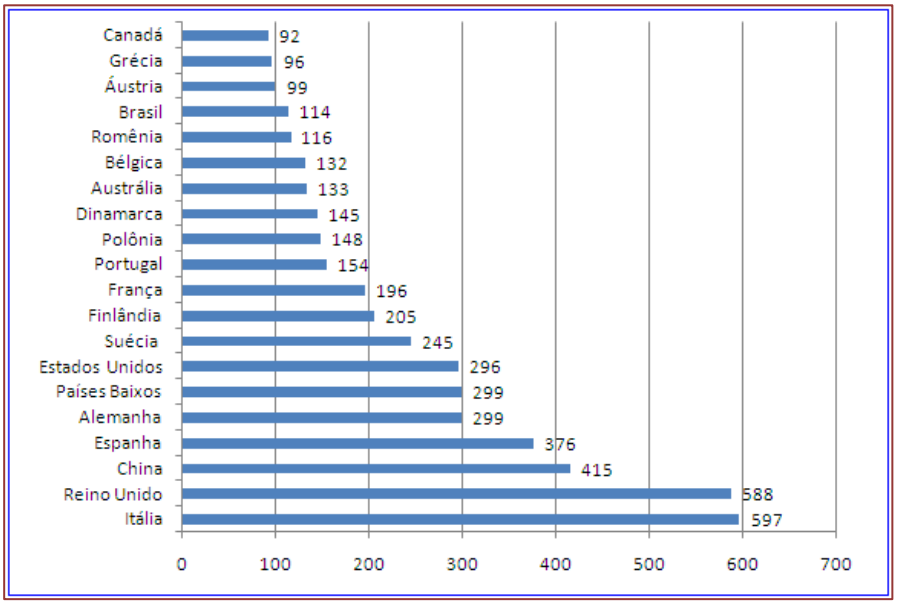


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

Analisando os dados da figura 2 é possível perceber que em termos absolutos o período de maior crescimento no número de publicações foi entre os anos de 2018 e 2019, contabilizando uma diferença de 625 publicações. O menor crescimento foi identificado entre os anos de 2015 e 2016, com uma diferença de 226 publicações. Embora em termos absolutos o aumento foi crescente, nota-se que a taxa percentual é decrescente: 2015-2016: 218,32%; 2016-2017: 193,05%; 2017-2018: 163,98%; e 2018-2019: 147,35%. De modo geral, o número de publicações no período cresceu em 1018,32%, no período de análise, o que sugere uma área emergente de pesquisa em desenvolvimento e consolidação.

Quando avaliada a estratificação por países se pode constatar a predominância europeia, em termos percentuais, no total da amostra, liderado por Itália e Reino Unido, conforme pode-se ver na figura 3.

Figura 3 – Total de publicações por países



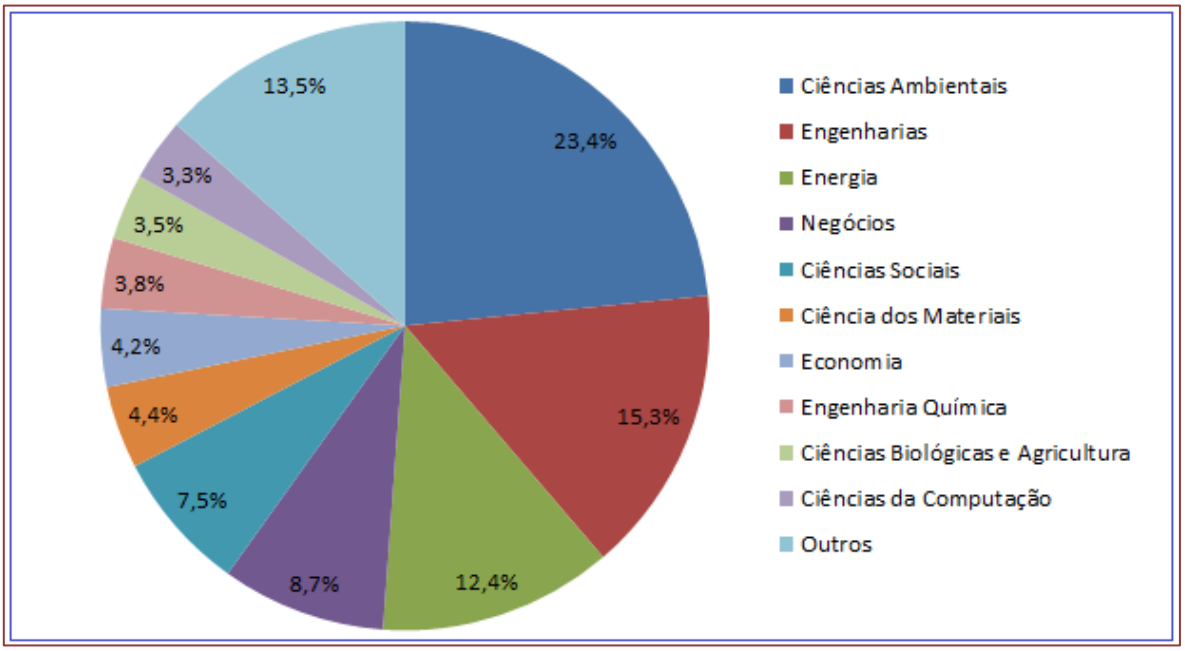
Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

A figura 3 representa uma amostra dos resultados da busca, identificando os 20 países com mais publicações no período de 2015 a 2019. Segundo a base *Scopus*, na análise de publicações por países identificou-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria no continente africano.

Das publicações encontradas no continente asiático, a China teve destaque, pois sozinha representa mais da metade dos documentos publicados na Ásia. Dentre as publicações dos países da América Latina o Brasil teve destaque com 53,77% das publicações e na classificação geral dos países assumiu a 17ª posição, com um total de 114 documentos publicados.

Analisando os percentuais de publicações por área de estudo e foram identificadas 10 áreas (figura 4) com mais publicações, que são: ciências do meio ambiente, engenharia, energia, negócios, ciências sociais, economia, ciências dos materiais, engenharia química, ciências da computação e ciências biológicas e agricultura.

Figura 4 – Total de publicações por área



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

Com base nos resultados encontrados foi possível notar que o tema economia circular relaciona-se com diferentes áreas de estudo, englobando áreas relacionadas ao meio ambiente e computação. Das publicações encontradas relacionadas às engenharias, aproximadamente 1,5% estão relacionadas à engenharia de produção, o que sugere que há possibilidades temáticas a serem exploradas na relação entre a economia circular e as áreas da engenharia de produção, como será visto a seguir. Para orientar o processo de busca e facilitar o entendimento, o quadro 1 consolida a relação entre as palavras-chave utilizadas e sua relação com a Engenharia de Produção ou a alguma de suas áreas.

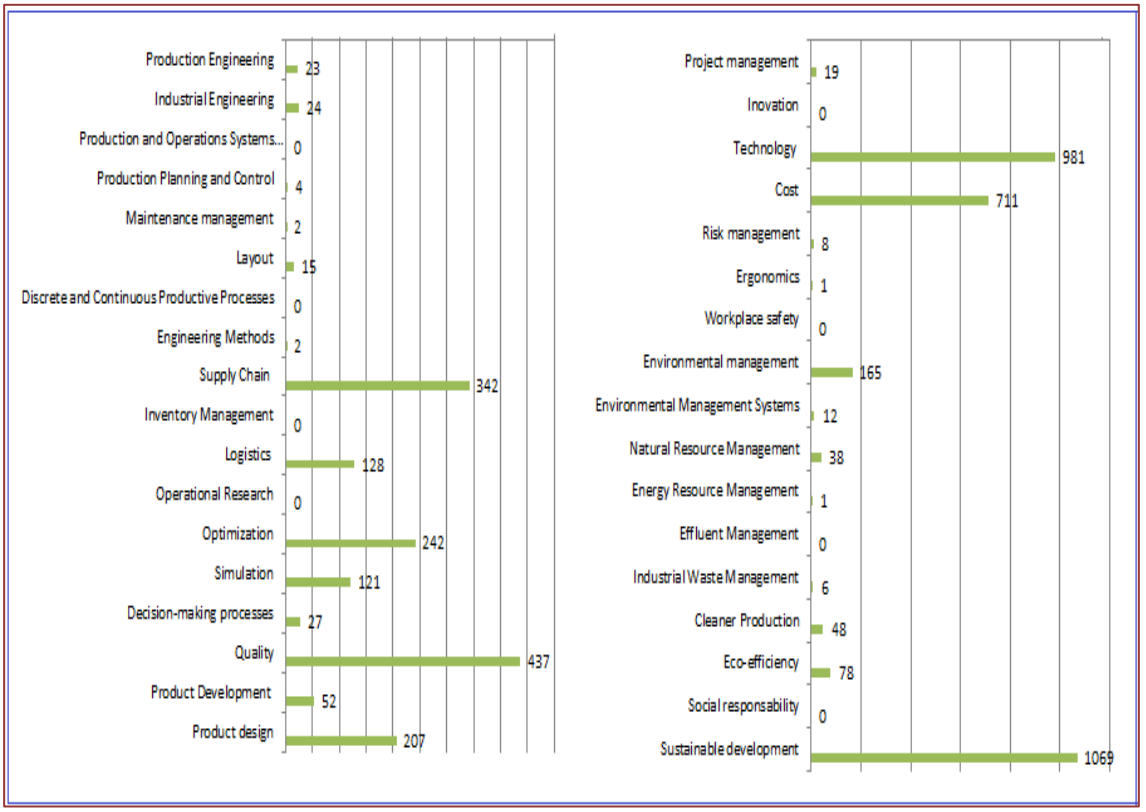
Quadro 1 – Relação das palavras-chave com as áreas da engenharia de produção

Palavras-chave	Áreas da engenharia de produção
Productionand Operations Systems Management	Engenharia de operações e processos da Produção
Production Planning andControl	Engenharia de operações e processos da Produção
Maintenance management	Engenharia de operações e processos da Produção
Layout	Engenharia de operações e processos da Produção
DiscreteandContinuousProductive Processes	Engenharia de operações e processos da Produção
EngineeringMethods	Engenharia de operações e processos da Produção
Supply Chain	Logística
Inventory Management	Logística
Logistics	Logística
OperationalResearch	Pesquisa Operacional
Optimization	Pesquisa Operacional
Simulation	Pesquisa Operacional
Decision-makingprocesses	Pesquisa Operacional
Quality	Engenharia da Qualidade
ProductDevelopment	Engenharia do Produto
Product design	Engenharia do Produto
Project management	Engenharia Organizacional
Inovation	Engenharia Organizacional
Technology	Engenharia Organizacional
Cost	Engenharia Econômica
Risk management	Engenharia Econômica
Ergonomics	Engenharia do Trabalho
Workplace safety	Engenharia do Trabalho
Environmental management	Engenharia da Sustentabilidade
Environmental Management Systems	Engenharia da Sustentabilidade
Natural Resource Management	Engenharia da Sustentabilidade
Energy Resource Management	Engenharia da Sustentabilidade
Effluent Management	Engenharia da Sustentabilidade
Industrial Waste Management	Engenharia da Sustentabilidade
Cleaner Production	Engenharia da Sustentabilidade
Eco-efficiency	Engenharia da Sustentabilidade
Social responsability	Engenharia da Sustentabilidade
Sustainable development	Engenharia da Sustentabilidade

Fonte: ABEPRO (adaptado pelos autores).

Os resultados da pesquisa permitiram identificar as publicações relacionadas simultaneamente à economia circular e alguma das áreas da engenharia de produção, conforme pode ser observar na figura 5.

Figura 5 – Total de publicações por temas associados

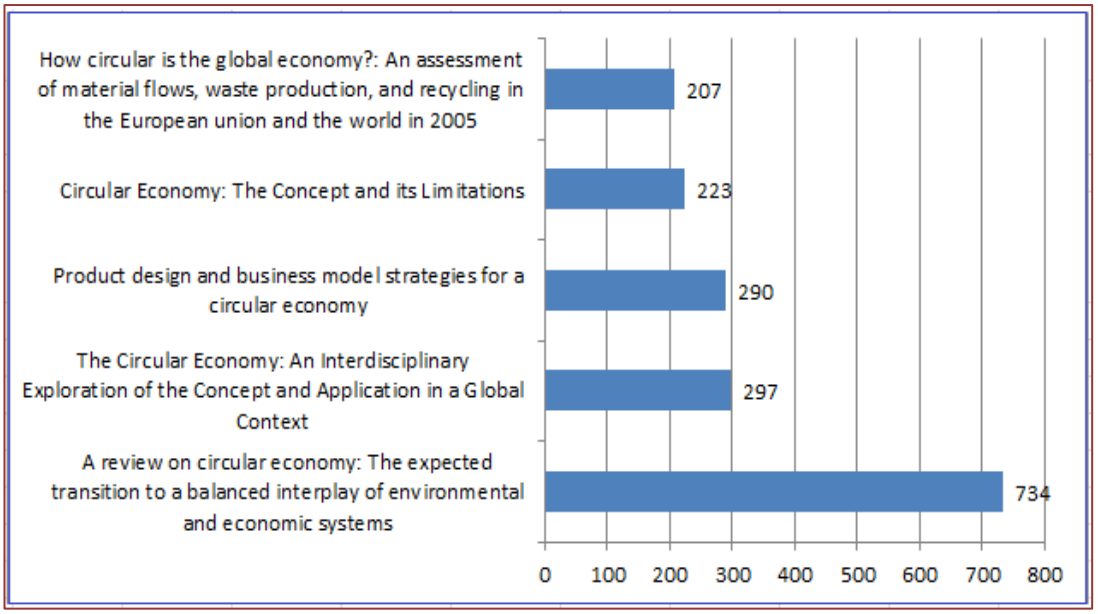


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

A busca resultou num total de 4763 publicações. Nota-se que dentre a busca a que mais teve publicações encontradas foi a combinação de desenvolvimento sustentável e economia circular ("*circular economy*" *AND* "*sustainable development*") e a área engenharia de sustentabilidade foi a que teve maior representação dentro dos resultados encontrados, com 29,75% (1417 publicações). Das 35 combinações selecionadas, oito áreas de conhecimento não obtiveram nenhum resultado de publicações, como pode-se observar na figura 5.

Os resultados evidenciam 5 áreas que se destacam, a saber: desenvolvimento sustentável (*sustainable development*), tecnologia *(technology*), custos (*cost*), qualidade (*quality*) e cadeia de suprimentos (*supply chain*). A partir desta constatação foram identificados dentro de cada uma dessas áreas de conhecimento, os 5 artigos com o maior número de citações, os quais são mostradas nas figuras de 6, 7, 8, 9 e 10.

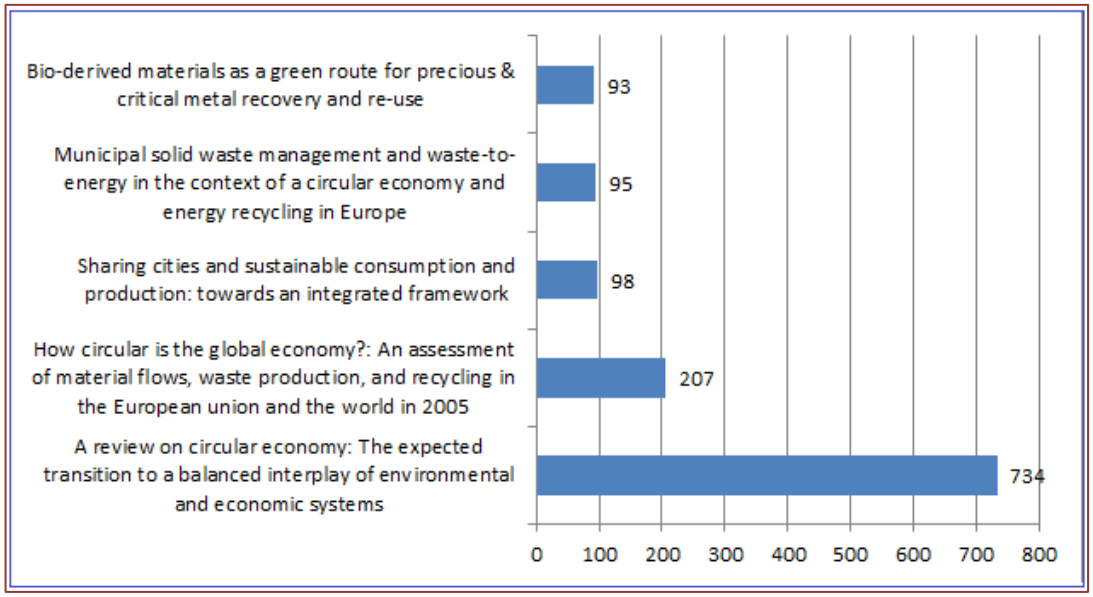
Figura 6 – Artigos mais citados em economia circular e desenvolvimento sustentável



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

A partir da busca combinada de "*circular economy*" e "*sustainable development*", os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 734 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a desenvolvimento sustentável há relacionamento também com negócios e sistemas econômicos.

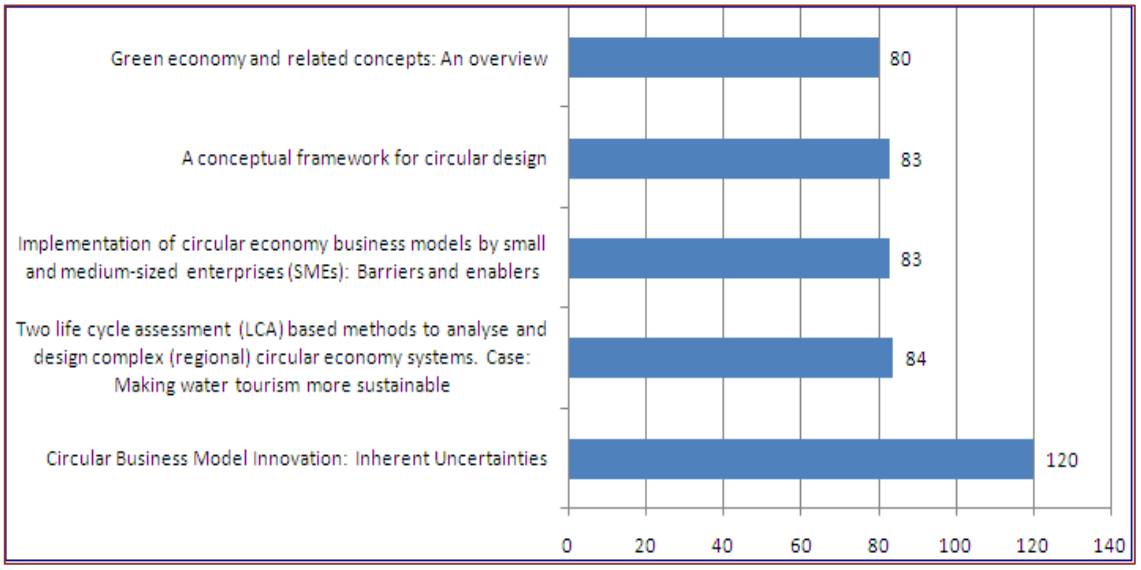
Figura 7 – Artigos mais citados em economia circular e Tecnologia



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

Combinando os termos "*circular economy*" e "*technology*", os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 7. O artigo mais citado obteve um total de 734 e coincidentemente é o mesmo artigo mais citado encontrado na figura 6, mostrando, portanto, a relação entre tecnologia e desenvolvimento sustentável. Além disso, verificaram-se nos demais artigos abordagens como utilização de softwares de informação e comunicação e abordagens econômicas.

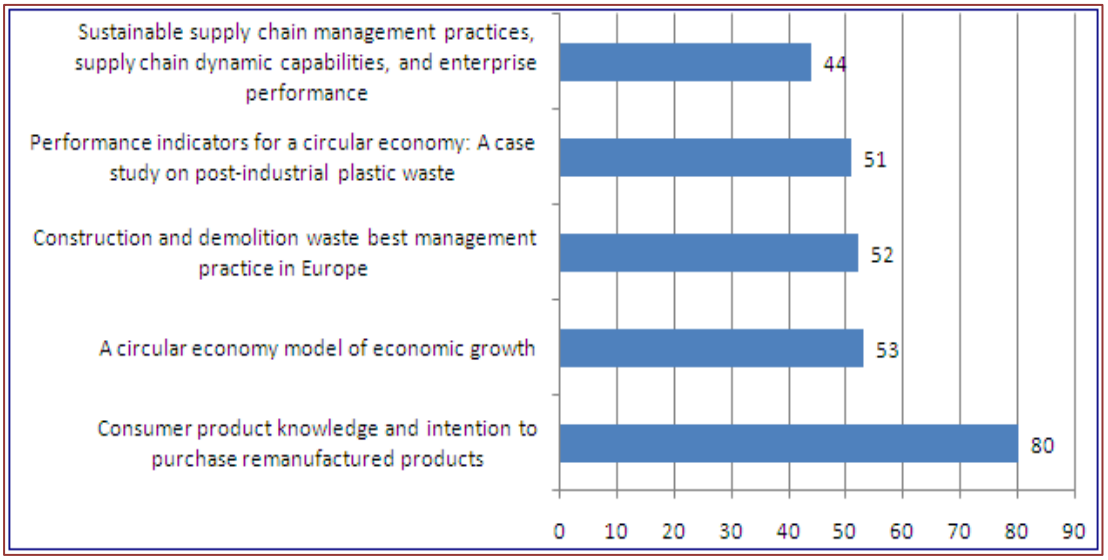
Figura 8 – Artigos mais citados em economia circular e custos



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

A partir da busca combinada de "*circular economy*" e "*cost*", os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 120 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a custos há relacionamento também com temas como projeto circular, modelagem de negócios e sistemas de economia circular.

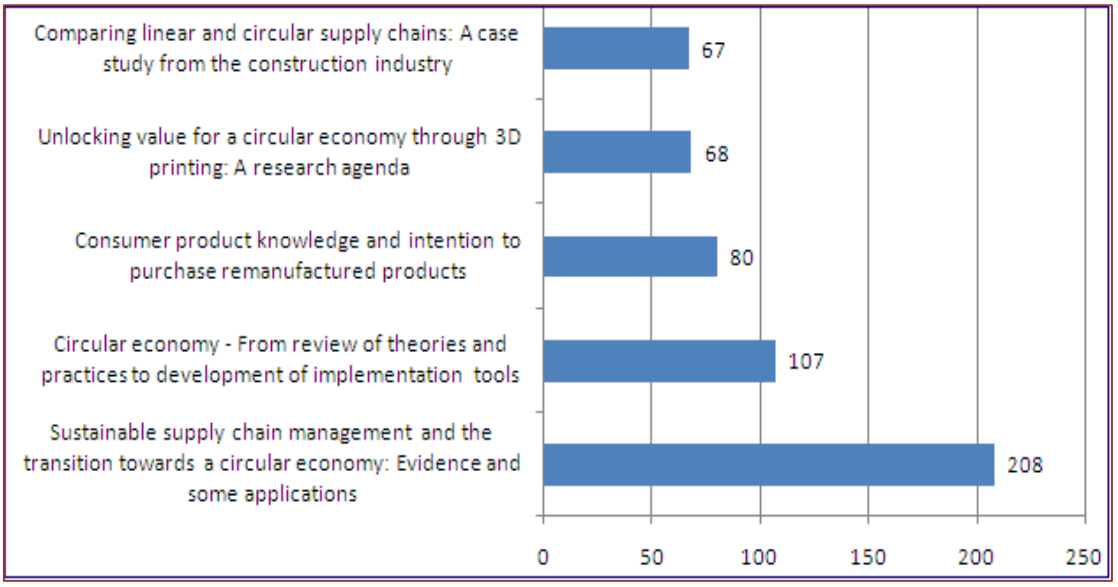
Figura 9 – Artigos mais citados em economia circular e qualidade



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

Unindo "*circular economy*" e "*quality*", os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 9. O artigo mais citado obteve um total de 80, que fala sobre a qualidade de produtos remanufaturados. Além disso, verificaram-se nos demais artigos abordagens como utilização de indicadores para economia circular e modelos que favorecem o crescimento econômico.

Figura 10 – Artigos mais citados em economia circular e cadeia de suprimentos

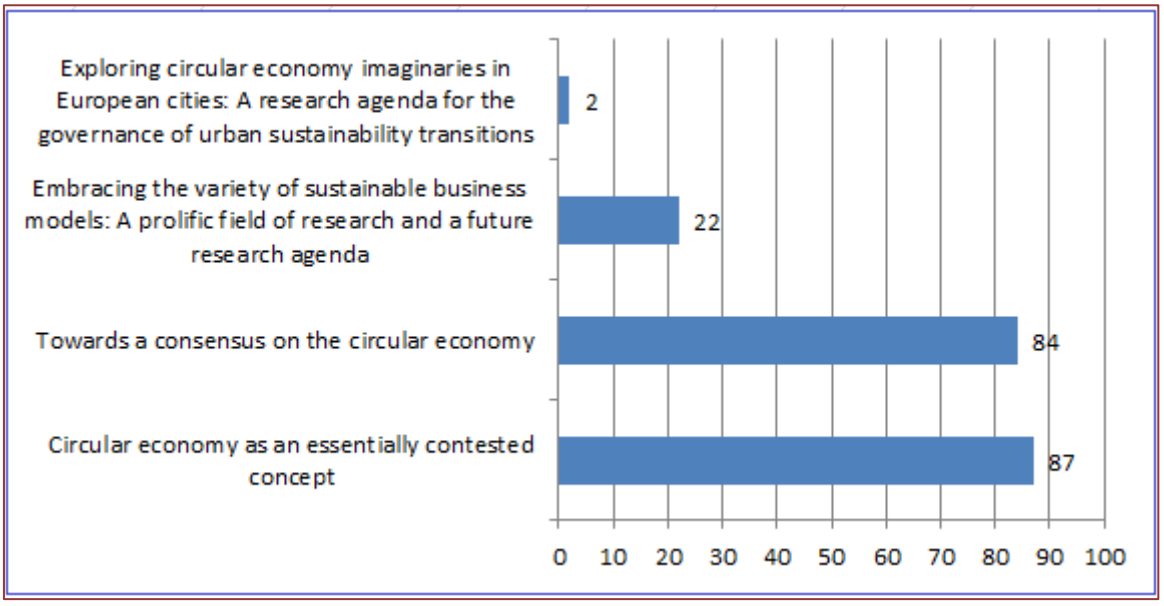


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores).

A partir da busca combinada de "*circular economy*" e "*supply chain*", os 5 artigos mais citados foram identificados e são mostrados na figura 10. O artigo mais citado obteve um total de 208 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada à cadeia de suprimentos há relacionamento também com implementação de ferramentas para desenvolvimento dentro da economia circular, economia circular e impressora 3D e o consumo de produtos remanufaturados, cujo artigo também foi o mais citado em qualidade.

Tendo em vista que *sustainable development (*desenvolvimento sustentável) foi o tema associado com mais publicações encontradas, realizou-se uma nova busca na base *Scopus* associando o tema com economia circular e engenharia de produção *("circular economy" AND "sustainable development" AND "production engineering"/ "industrial engineering")*, e a busca resultou em 4 artigos, os quais podem ser observados na figura 11.

Figura 11 – Artigos mais citados em economia circular x desenvolvimento sustentável x engenharia de produção



Fonte: Base *Scopus* (pelos autores).

A busca combinada de *"circular economy" AND "sustainable development" AND "production engineering" / "industrial engineering"* resultou nos 4 artigos demonstrados na figura 11, cujo mais citado teve 87 citações. Os artigos abordaram junto dentro do desenvolvimento sustentável temas como modelos de negócios sustentáveis e sustentabilidade urbana.

Após identificar os artigos mais citados dentro das cinco áreas destacadas foi elaborada a tabela 1 identificando os periódicos onde os artigos foram publicados e suas respectivas classificações. Nela estão contidas informações, como o fator de impacto e a classificação qualis dentro das áreas de Engenharias III e Administração.

Tabela 1: Classificação dos Periódicos

Periódicos	Fator de Impacto (2019)	Qualis		
		Engenharias III	Administração	Interdisciplinar
Journal of Cleaner Production	6.395	–	–	A1
Journal of Business Ethics	3.796	A2	A1	–
Journal of Industrial and Production Engineering	–	–	–	–
Ecological Economics	4.281	A1	–	–
Journal of Industrial Ecology	4.826	–	–	–
Energy	5.537	A1	A2	–
Green Chemistry	9.405	–	–	–
International Journal of Production Economics	4.998	–	–	A1
Environmental Modelling and Software	4.552	–	–	–
Resources, Conservation and Recycling	7.044	A2	A1	–
Business Strategy and the Environment	6.381	–	–	–
Sustainability (Switzerland)	2.592	B1	–	–
Omega (United Kingdom)	5.341	–	–	A1
Technological Forecasting and Social Change	3.815	–	–	A1

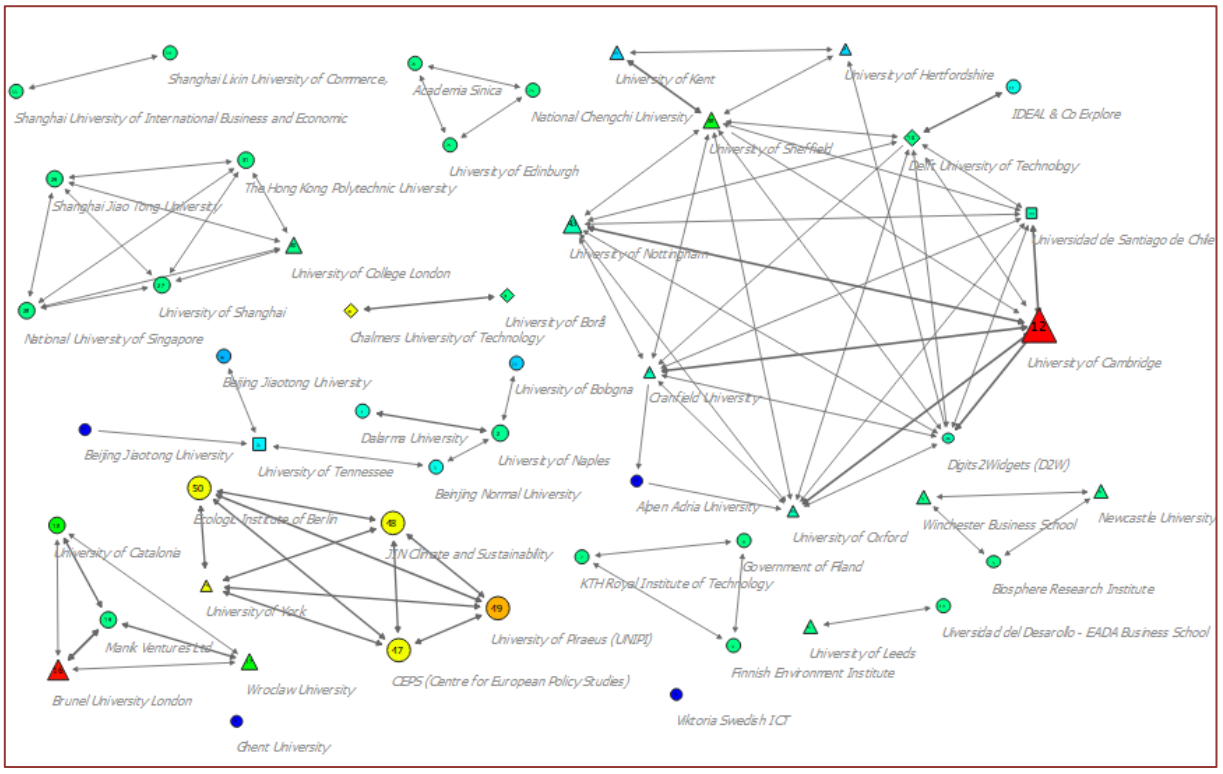
Fonte: Autores.

Na tabela 1 um aspecto que chama a atenção além do fator de impacto é a classificação Qualis, com periódicos classificados em A1 e A2, e com um B1, em Engenharias III. Em Administração 2 periódicos estão na classificação A1 e 1 na classificação A2. E em Interdisciplinares os 4 destacados são A1. Trata-se de um indicativo relevante em relação a qualidade na qual o tema economia circular vem sendo publicado.

A partir do levantamento dos artigos mais citados foram identificados 110 autores, de diferentes organizações, a maioria deles de instituições europeias, com destaque para o Reino Unido, o qual teve uma colaboração de 42 autores, representando 38,18% do total. Das instituições identificadas a Universidade de York, no Reino Unido, destacou-se dentre as demais com um total de 11 autores identificados. Aparecem em menor número, mas cabe menção instituições provenientes da China, Suécia, Finlândia e Países Baixos. Das

universidades européias aparecem com mais frequência Universidade de Cambridge, Cranfield, Delf University e Shefield. Fora desse continente temos a Universidade de Santiago de Chile, na América do Sul e Universidade do Tenessee, nos Estados Unidos. Do continente asiático foram identificadas universidades da China, como a Universidade de Shangai e da Universidade de Singapura. Foi elaborado um mapa de relacionamento entre os pesquisadores de diferentes instituições no sentido com o intuito de se identificarem as interações na produção de estudos e pesquisas entre os mesmos, conforme mostrado na figura 12.

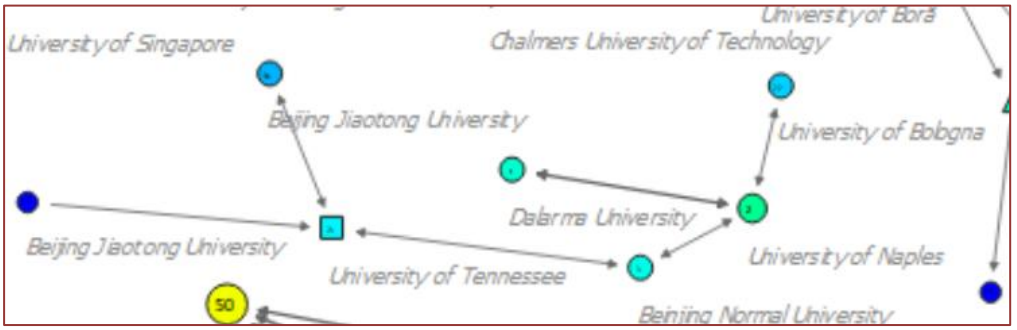
Figura 12 – Redes de colaboração em economia circular



Fonte: Autores (2020).

A partir do mapeamento realizado foi possível identificar uma atuação em redes de pesquisa, algumas localmente concentradas, ao mesmo tempo que foi possível verificar interações envolvendo agentes institucionais de continentes, como é o caso da Universidade do Chile de mais especificamente da rede mostrada na figura 13.

Figura 13- Rede de colaboração intercontinental destacada do mapa



Fonte: Autores (2020).

A rede mostrada na figura 13 apresenta universidades européias, das américas e do continente asiático. Essa é uma constatação que evidência a pesquisa colaborativa interinstitucional e intercontinental e mostra o caráter global do tema em estudo.

5. CONCLUSÃO

No presente trabalho foram apresentados os resultados do estudo bibliomético relativo à economia circular e sua relação com a engenharia de produção. Foi possível observar que em termos absolutos as publicações sobre economia circular tiveram uma evolução crescente, 1018,32% no período de 2015 a 2018. Cabe observar que as taxas relacionadas ao número de publicações são decrescentes ano a ano, considerado o período pesquisado. De modo geral se pode considerar que as áreas de interseção entre economia circular e engenharia de produção são um campo emergente em termos de oportunidades de pesquisa.

Na análise das publicações por países, percebeu-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria na África. Cabe considerar que o movimento relacionado à economia circular é elevado na Europa que já incluiu a economia circular como tópico dos planos de desenvolvimento. O Brasil teve destaque dentro das publicações dos países da América Latina e está incluído entre os 20 países com mais publicações no mundo, sendo emergente neste segmento sua inserção.

Na análise por área de estudo notou-se que a área relacionada à engenharia de produção teve uma representação de 1,5% das publicações, o que sugere que há espaço para que o tema pode ser mais explorado. Além disso, identificaram-se as áreas da engenharia de produção que se destacaram em relação à economia circular e a que teve maior número de publicações encontradas foi engenharia de sustentabilidade, com o tema desenvolvimento sustentável como o associado. Além disso, as áreas temáticas relacionadas à tecnologia, custos, qualidade e cadeia de suprimentos também tiveram valores significativos em termos das publicações.

Por outro lado, não foram encontradas publicações para 8 dos temas selecionados, que foi o caso de gerenciamento de sistemas e operações, processos produtivos discretos e contínuos, gestão de estoques, pesquisa operacional, inovação, segurança do trabalho, gestão de efluentes e responsabilidade social, o que demonstra a necessidade e oportunidade de integrar os mesmos e desenvolver um novo caminho de estudos.

Analisando os artigos mais citados dentro dos temas com mais publicações notou-se que alguns artigos estavam dentre os mais citados em mais de um dos temas, podendo-se perceber a relação entre eles e dentre eles, o tema negócios apareceu com mais frequência.

A avaliação dos periódicos serviu para identificar o impacto dos mesmos e sua classificação qualis dentro das áreas Engenharias III e Administração e a tabela dos autores e instituições possibilitou identificar os agentes envolvidos na produção de pesquisas em economia circular e produção científica nas publicações identificadas na pesquisa em questão, bem como as instituições envolvidas e seus respectivos países.

A identificação da pesquisa colaborativa, desenvolvida em rede, com abrangência global foi um aspecto sugere ser uma tendência que merece investigação mais aprofundada para o entendimento do papel de cada um dos agentes e sua colaboração.

A partir dos resultados obtidas no presente estudo propõe-se para trabalhos futuros, um aprofundamento nas áreas de conhecimento da engenharia de produção e sua relação com a economia circular de forma abrangente, assim como explorando campos como *lean manufacturing*, educação, qualidade, produtividade e indicadores. Recomenda-se também explorar o papel das redes de pesquisa e seu impacto.

REFERÊNCIAS

[1] ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Ref_curriculares_ABEPRO.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.

[2] ABEPRO. **Economia circular: o papel da engenharia de produção**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/50/SD_2016_-_Wladmir_H._Motta.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.

[3] BERARDI, Patrícia; DIAS, Joana Maia. **O mercado da economia Circular: como os negócios estão sendo afetados pelo modelo que substitui o linear e como serão ainda mais a médio e longo prazos**. GVEXECUTIVO, v. 17, nr. 5, set/out, 2018. Fundação Getúlio Vargas.

[4] Ellenmacarthurfoundation. **Economia Circular**. Disponível em:https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

[5] FRANCIOSI, C., lambiase, A., & MIRANDA, S. (2017). Sustainable Maintenance: a Periodic Preventive Maintenance Model with Sustainable Spare Parts Management. **IFAC-PapersOnLine**, 50(1), 13692–13697. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2536

[6] GEERKEN, T., SCHMIDT, J., BOONEN, K., CHRISTIS, M., & MERCIAI, S. (2019). Assessment of the potential of a circular economy in open economies e Case of Belgium. **Journal of Cleaner Production,** 227, 683–699. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.120

[7] GUSMEROTTI, N. M., TESTA, F., CORSINI, F., PRETNER, G., & IRALDO, F. (2019). Drivers and approaches to the circular economy in manufacturing fi rms. **Journal of Cleaner Production**, 230, 314–327. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.044

[8] MORAGA, G., HUVUSVELD, S., MATHIEUX, F., BLEGINI, G. A., AlAERTS, L., ACKER, K.; VAN DEWULF, J. (2019). Resources , Conservation & Recycling Circular economy indicators : What do they measure ? **Resources, Conservation & Recycling**, 146(January), 452–461. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045

[9] PRIETO-SANDOVAL, V., JACA, C., & ORMAZABAL, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, 179, 605–615. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224

[10] SEROKA-STOLKA, O., & OCIEPA-KUBICKA, A. (2019). ScienceDirect Green logistics and circular economy Green logistics and circular economy Green Cities 2018. **Transportation Research Procedia**,

39(2018), 471–479. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049

[11] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução de Henrique Luiz Corrêa. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

[12] SVENSSON, N., & FUNCK, E. K. (2019). Management control in circular economy . Exploring and theorizing the adaptation of management control to circular business models. **Journal of Cleaner Productio**n, 233, 390–398. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.089

[13] WEETMAN, C. Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa. 1a. ed – São Paulo: **Autentica Business**, 2019.

Capítulo 3

Governança da Informação e Contabilidade: interfaces teóricas e práticas em análise

Rosangela de Arruda
Nelson Ortiz Bitencourt
Paulo Ricardo de Jesus Costa
Claúdio Roberto Scalcon
Ana Paula da Costa Mayer
Claudia Janete Lamberty Porto
Morgana de Oliveira Machado
Estéfana da Silva Stertz
Rosana Brettas da Silva
Rayssa Cleide de Oliveira
Daniela Pegoraro
Luis Felipe Dias Lopes

Resumo: O presente estudo teve como objetivo identificar as relações entre a Governança da Informação (GI) e a Contabilidade por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A pesquisa foi conduzida em duas etapas complementares: (i) realização da RSL com base em protocolo previamente estruturado; e (ii) mapeamento dos artigos no VOSviewer para a identificação de *clusters* de coocorrência dos termos mais recorrentes. A partir dessa análise, foi possível examinar como a GI se conecta às práticas e aos fundamentos da contabilidade. Os resultados evidenciam que a adoção de mecanismos de governança da informação favorece a gestão estratégica das informações corporativas, incluindo aquelas de natureza contábil, ampliando sua confiabilidade, relevância e valor organizacional. Este estudo contribui para o campo contábil ao explorar um tema emergente que integra dimensões tecnológicas, informacionais e gerenciais, fortalecendo a interface entre contabilidade e governança da informação na perspectiva organizacional.

Palavras-Chave: Revisão Sistemática de Literatura, Governança da Informação, Informação Contábil, Contabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A Governança da Informação (GI) consolidou-se nas últimas décadas como um campo interdisciplinar voltado à gestão estratégica dos fluxos informacionais nas organizações. Inicialmente associada ao setor de saúde no Reino Unido, sua relevância expandiu-se para diferentes áreas da gestão pública e privada, incorporando práticas e referenciais de governança corporativa, de dados e de tecnologia da informação (Kooper; Maes; Lindgreen, 2011; Smallwood, 2014; Abraham; Schneider; Vom Brocke, 2019).

Mais recentemente, a GI tem se fortalecido como resposta à crescente percepção de que a informação constitui um recurso organizacional estratégico, cujo valor depende de atributos como qualidade, confiabilidade, integridade e segurança (Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020; Lien, 2021; Weber; Otto, 2022). Esse movimento inclui também a informação contábil, cuja função de apoio à tomada de decisão exige padrões de governança capazes de assegurar sua consistência e comparabilidade (Coyne; Coyne; Walker, 2018; Oliveira, 2019; Momo, 2019; Assis; Mendonça; Cardoso, 2022).

A literatura recente reforça que a GI compartilha premissas com a Governança Corporativa (GC), a Governança de Dados (GD) e a Governança de Tecnologia da Informação (GTI), formando um ecossistema de práticas convergentes voltadas à transparência, à *accountability* e à eficiência no uso da informação (Abraham et al., 2019; Guetat; Dakhli, 2015; Otto; Weber, 2021). Nesse sentido, os profissionais da contabilidade assumem papel central, pois além de lidarem com aspectos de conformidade e controle informacional, detêm conhecimento técnico sobre os sistemas de reporte e *disclosure* que sustentam a governança organizacional.

Os autores Abraham, Schneider e Vom Brocke (2019) propuseram um *framework* integrador de GI que revela como fatores internos e externos influenciam os mecanismos estruturais, processuais e relacionais de governança, impactando diretamente o desempenho e a gestão de riscos informacionais. De forma complementar, estudos recentes (Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020; Otto; Weber, 2021; Weber; Otto, 2022; Assis; Mendonça; Cardoso, 2022) reforçam que a decisão sobre a informação deve ser compartilhada e orientada por políticas de conformidade, assegurando que a governança ultrapasse fronteiras funcionais e permeie diferentes domínios organizacionais.

Diante da natureza multidisciplinar do tema, este artigo desenvolve uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar as relações existentes entre a GI e a contabilidade, especialmente no que se refere ao papel da informação contábil em ambientes organizacionais orientados por práticas de governança. Para tanto, utilizaram-se como fontes de busca as bases *Web of Science e SPELL*, com publicações entre 2005 e 2025, em inglês e português. Os dados foram analisados com o apoio do *software* VOSviewer, a fim de mapear os clusters de coocorrência e identificar as principais conexões entre GI e contabilidade.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em quatro seções: a segunda discute a relação entre GI e informação contábil no âmbito da governança corporativa; a terceira descreve os procedimentos metodológicos da RSL; a quarta apresenta os principais resultados; e a quinta traz as considerações finais.

2. GOVERNANÇA DA INFORMAÇÃO E CONTABILIDADE

A Governança da Informação (GI) pode ser compreendida como o conjunto de práticas voltadas ao controle, obtenção, registro, uso e compartilhamento de informações de forma justa, eficiente, confiável e adequada (Donaldson; Walker, 2004). Desde então, o conceito evoluiu e passou a ser tratado como uma especificidade da Governança Corporativa (GC), articulando-se também com a Governança de Dados (GD) e com a Governança de Tecnologia da Informação (GTI), na medida em que fornece métodos e processos para gerir informações em diferentes contextos organizacionais (Smallwood, 2014; Assis et al., 2022; Otto; Weber, 2021).

Essa vinculação torna a GI particularmente relevante para a contabilidade, pois se conecta diretamente com aspectos de qualidade, valor e compliance da informação (Oliveira, 2019; Momo, 2019; Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020). No que se refere à qualidade da informação, estudos destacam dimensões como completude, exatidão, atualidade e acessibilidade, as quais têm potencial para reduzir a assimetria informacional e mitigar comportamentos oportunistas (Abraham; Schneider; Vom Brocke, 2019; Merkus et al., 2019). Quanto ao valor da informação, este está associado ao compartilhamento e à utilidade percebida pelos usuários. Entretanto, diferentes atores podem atribuir valores distintos à mesma informação, evidenciando que é o aspecto humano e organizacional que confere sentido aos dados (Kooper; Maes; Lindgreen, 2011; Weber; Otto, 2022).

No que diz respeito ao *compliance*, a GI contempla conformidade, segurança e privacidade da informação. Isso exige políticas de geração, uso, compartilhamento e guarda constantemente revisadas, de modo a atender às legislações vigentes (como a LGPD) e estabelecer estruturas, padrões, funções, boas práticas e uso de tecnologias capazes de reduzir riscos e falhas (Assis et al., 2022; Moura; Brauner; Janissek-Muniz, 2020; Otto; Weber, 2021).

Assim, observa-se que a GI não apenas fornece mecanismos para assegurar a confiabilidade da informação contábil, mas também reforça sua relevância estratégica em ambientes regulatórios complexos e digitalizados. Ao conectar governança, contabilidade e tecnologia, a GI contribui para maior transparência, accountability e geração de valor nas organizações contemporâneas.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar o objetivo deste estudo — identificar as relações entre a Governança da Informação (GI) e a Contabilidade — estruturou-se o percurso metodológico em duas macroetapas. A primeira consistiu na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), responsável pela construção do corpus de análise. A segunda envolveu a elaboração e interpretação de um mapa de rede de coocorrência de termos, a partir dos descritores mais frequentes nos artigos selecionados.

A RSL, de acordo com Galvão, Pansani e Harrad (2015), permite reunir e sintetizar evidências disponíveis sobre um determinado tema, identificando lacunas de pesquisa, convergências e oportunidades para avanços teóricos. Para sua condução, adotou-se como referência o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009), amplamente utilizado para garantir transparência, reprodutibilidade e confiabilidade no processo de seleção de estudos.

O protocolo PRISMA prevê quatro fases sequenciais: (i) identificação dos registros; (ii) triagem/seleção inicial; (iii) verificação da elegibilidade do material; e (iv) inclusão final das publicações. No caso desta pesquisa, a fase de identificação foi detalhada em seis passos interdependentes: (1) definição do título do estudo; (2) elaboração de um resumo preliminar estruturado; (3) formulação da questão de pesquisa; (4) apresentação da justificativa; (5) delimitação dos objetivos; e (6) escolha da técnica de RSL a ser aplicada. Esses passos iniciais estão organizados de forma sintética na Tabela 1.

Tabela 1 – Etapas da fase de identificação da RSL

Passo	Item	Descrição sintética
1	Título	Definição do estudo como revisão sistemática da literatura em Governança da Informação e Contabilidade
2	Resumo estruturado	Síntese inicial destacando a GI como mecanismo de gestão e suporte à informação contábil
3	Questão de pesquisa	"De que forma a Governança da Informação se relaciona com a Contabilidade?"
4	Justificativa temática	Relevância do tema como campo emergente no debate contábil e organizacional
5	Objetivos	Mapear e analisar as conexões entre GI e Contabilidade
6	Protocolo de revisão	Adoção do método PRISMA para sistematização e transparência da revisão.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

Na sequência, foi conduzida a fase de seleção do material bibliográfico, composta por cinco etapas. No primeiro momento, estabeleceram-se os critérios de inclusão e exclusão das fontes. Optou-se por considerar apenas artigos publicados em periódicos científicos com revisão por pares, excluindo-se outros formatos, como capítulos de livros, obras completas, dissertações, teses e resumos de eventos.

Em seguida, definiu-se o recorte temporal das publicações. Embora o primeiro estudo sobre GI data em 2004, optou-se por adotar 2005 como marco inicial, de modo a contemplar um horizonte de vinte anos de pesquisa. O ano de 2025 foi estabelecido como limite final, por coincidir com a conclusão do processo de busca bibliográfica, realizado entre setembro de 2024 e setembro de 2025.

O terceiro critério referiu-se ao idioma dos trabalhos: foram considerados artigos em inglês — por concentrar a maior parte da produção internacional sobre GI — e em português, por ser a língua materna desta pesquisa e relevante para o contexto nacional. Por fim, delimitou-se a área de conhecimento das Ciências Sociais Aplicadas, assegurando a pertinência temática das publicações ao campo contábil e organizacional.

O Quadro 1 a seguir sintetiza os passos que orientaram a fase de seleção dos artigos.

Quadro 1 - Fase de Seleção – Passos 1 a 4

Passo	Item	Descrição Sintética
1	Tipo de trabalho	Incluíram-se apenas artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares.
2	Período	O recorte temporal adotado foi de 2005 — ano do primeiro estudo sobre GI — até 2021, quando se concluíram as buscas.
3	Idioma	Foram considerados artigos em inglês (pela predominância internacional) e em português (relevante ao contexto nacional).
4	Área	Selecionaram-se estudos da área de Ciências Sociais Aplicadas, com foco em negócios e contabilidade, ressalvado o trabalho seminal de GI.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

O quinto passo da fase de seleção consistiu na definição das bases de dados e estratégias de busca. Optou-se pela utilização de duas bases: *Web of Science* (WoS), de abrangência internacional e consolidada em pesquisas da área de negócios e contabilidade; e a *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL), base nacional voltada a periódicos das áreas de Administração, Contabilidade e Turismo, reconhecida pela relevância no contexto brasileiro. Essa combinação permitiu contemplar tanto a literatura internacional quanto a nacional, ampliando a diversidade e a representatividade do corpus.

Como estratégia de busca, foram empregados operadores booleanos associados às palavras-chave "Governança da Informação" e "Contabilidade" em português, bem como "*Information Governance*" e "*Accounting*" em inglês. Foram testadas diferentes combinações, incluindo *"OR"* (para ampliar resultados) e *"AND"* (para restringir a relação direta entre os termos). As buscas foram limitadas a artigos científicos revisados por pares, publicados entre 2005 e 2025, nos idiomas português e inglês, e inseridos nas áreas de Administração, Negócios e Contabilidade. O Quadro 2 sintetiza as estratégias utilizadas em cada base de dados e os resultados preliminares da revisão.

Quadro 2 - Estratégias de busca e resultados preliminares da RSL

Base de dados	Estratégia de busca	Período	Idiomas	Área	Resultados
Web of Science	("information governance" OR "governança da informação") AND (accounting OR contabilidade)	2005–2025	Inglês e português	Negócios, Economia e Contabilidade	166
Spell	("governança da informação") AND (contabilidade)	2005–2025	Português	Administração e Contabilidade	21
Total	**—**	**—**	**—**	**—**	**187**

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

As buscas realizadas nas bases *Web of Science e Spell* resultaram em 187 artigos, dos quais 106 foram excluídos após a leitura de títulos e resumos, considerando os critérios de elegibilidade estabelecidos. Assim, compuseram o corpus final **81 estudos**, como sintetizado no Quadro 3. Esse processo envolveu a retirada de trabalhos que não abordavam de forma explícita a relação entre Governança da Informação e Contabilidade ou que não correspondiam a publicações científicas revisadas por pares (por exemplo, capítulos de livros, dissertações e resumos expandidos).

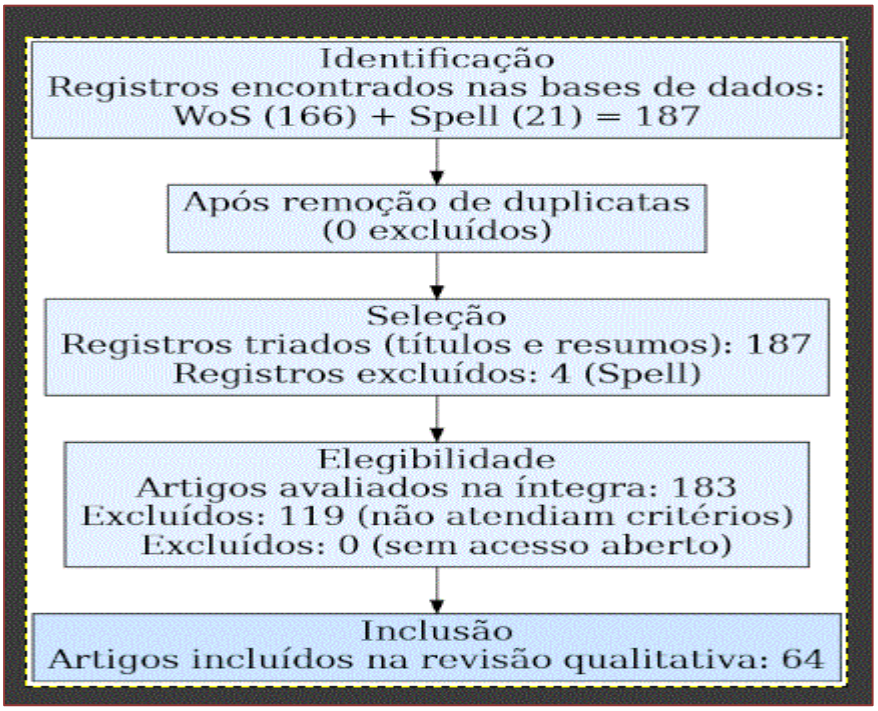
Quadro 3 – Aplicação dos critérios de exclusão e elegibilidade da RSL

Base de Dados	Resultados Iniciais	Exclusões	Justificativa	Corpus Final
Web of Science	166	102	Falta de acesso aberto	64
Spell	21	4	Não tratavam diretamente do tema (apenas menções superficiais)	17
Total	**187**	**106**	–	**81**

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

O percurso de seleção encontra-se representado no fluxograma PRISMA (Figura 1), que revela todas as etapas desde a identificação inicial até a inclusão dos estudos que integram a amostra definitiva da RSL.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA da seleção dos estudos para a revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Page et al. (2021).

4. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A segunda macroetapa da pesquisa consistiu na análise bibliométrica do corpus da RSL por meio do software VOSviewer, com o objetivo de identificar os termos mais recorrentes e suas relações de coocorrência. Essa etapa permitiu visualizar os principais núcleos temáticos que estruturam a interseção entre GI e Contabilidade.

O procedimento foi organizado em três passos. Primeiramente, os 85 artigos selecionados foram exportados das bases *Web of Science e SPELL* para o software Zotero, que possibilitou a geração de um arquivo no formato RIS. Esse arquivo, consolidado e

padronizado, foi então importado no VOSviewer, respeitando os critérios da técnica de análise de coocorrência de termos.

No segundo passo, definiu-se como critério de inclusão apenas as palavras com frequência mínima igual ou superior a três ocorrências no corpus. Dessa forma, termos pouco representativos foram descartados, preservando apenas aqueles com maior relevância na rede.

O terceiro passo consistiu na construção e interpretação do mapa de conexões. O VOSviewer identificou três clusters principais, destacando palavras-chave como Conformidade, Contabilidade, Modelagem de Equações Estruturais, Segurança da Informação, Governança, Governo, IPSAS, Qualidade da Informação, Governança Corporativa, Informação Contábil, Delphi, Mecanismos, Adoção, Fatores culturais, Fatores políticos, Convergência às normas internacionais, Níveis diferenciados de governança corporativa, Contabilidade Governamental, Contas Públicas, Finanças Públicas e Normatização.

A análise desses clusters revelou não apenas a diversidade de enfoques da literatura, mas também a proximidade entre temas regulatórios (IPSAS, normatização, convergência), dimensões metodológicas (Delphi, modelagem de equações estruturais), aspectos organizacionais (governança corporativa, mecanismos, conformidade) e perspectivas críticas voltadas a fatores culturais, políticos e à qualidade da informação contábil.

Essa etapa sugere que como a GI vem sendo relacionada a diferentes dimensões da contabilidade, tanto em sua vertente normativa quanto gerencial, e permite compreender as tendências que estruturam o campo de pesquisa.

4.1. ANÁLISE DO *CORPUS* DA PESQUISA

Após a realização da RSL, o corpus foi submetido ao software VOSviewer, utilizado para facilitar a análise e interpretação de dados por meio da construção de redes bibliométricas. Esse procedimento confere maior rigor metodológico, uma vez que possibilita ao leitor compreender, de forma sintética, a configuração dos termos mais recorrentes nas pesquisas.

A análise em rede bibliométrica tem como propósito representar graficamente os itens selecionados — que funcionam como filtros de investigação — a partir de diferentes possibilidades, como resumos, palavras-chave, autores ou mesmo textos completos (Ferreira; Silva, 2019). Neste estudo, o filtro adotado foi o conjunto de palavras-chave relacionadas à GI e à Contabilidade, extraídas do corpus da RSL.

O VOSviewer gera um mapa de termos, no qual cada termo está conectado a outros por meio de links que representam coocorrências. Esses links possuem uma força numérica proporcional ao número de vezes que as palavras aparecem conjuntamente. Quanto maior o valor, mais forte é a ligação entre os termos. No presente trabalho, o termo com maior força foi GI, citado 57 vezes no conjunto de 30 pesquisas analisadas.

O resultado é uma rede de conexões formada por clusters — grupos de termos organizados por similaridade temática. Cada cluster é identificado por uma cor (atribuída automaticamente pelo software) e corresponde a um conjunto de palavras que guardam maior proximidade entre si. No caso desta pesquisa, o mapa foi segmentado em quatro clusters principais:

- Cluster vermelho: concentra termos relacionados a normatização e setor público

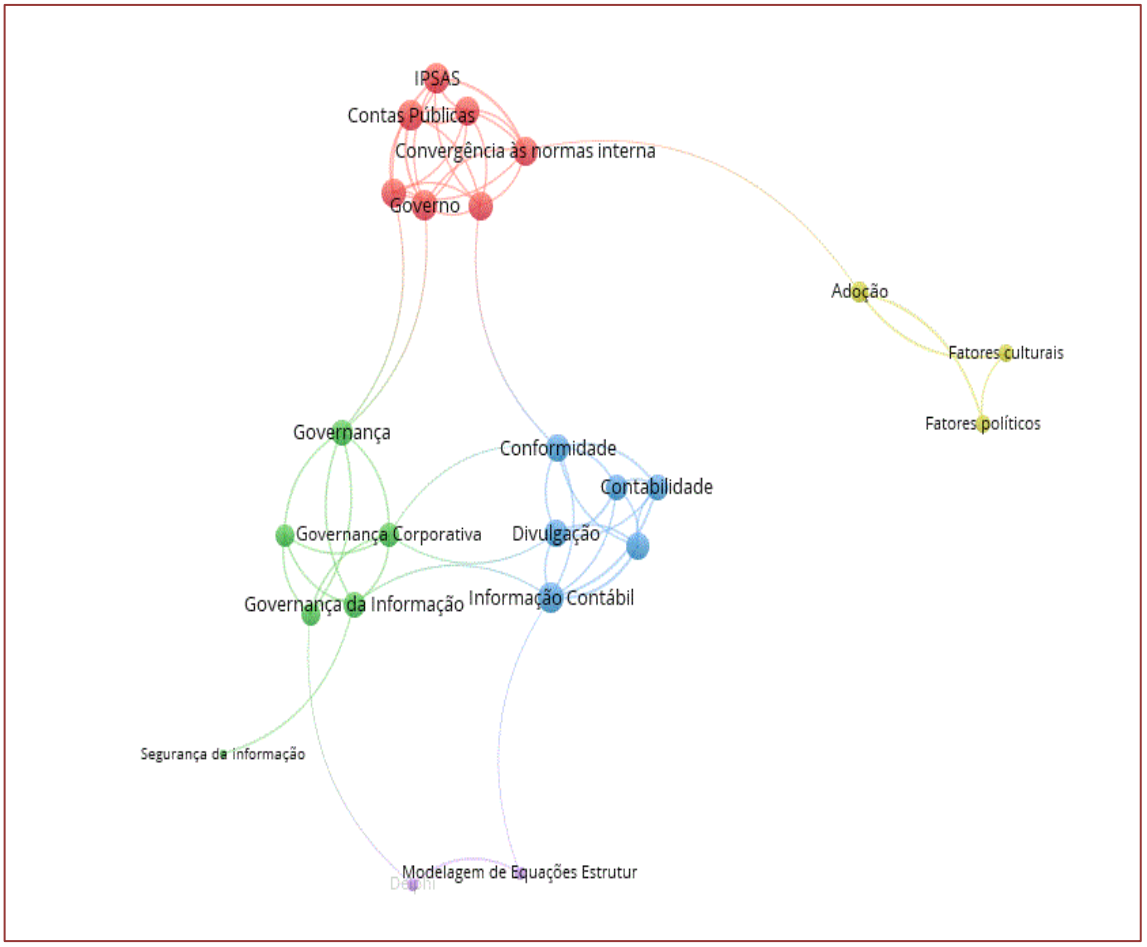
(ex.: *IPSAS*, *Governo*, *Contas Públicas*, *Convergência às normas internacionais*).

- Cluster verde: reúne termos ligados à Governança, incluindo *Governança da Informação* e *Governança Corporativa*.
- Cluster azul: agrega termos voltados à Contabilidade e conformidade da informação (ex.: *Contabilidade*, *Informação Contábil*, *Conformidade*, *Divulgação*).
- Cluster amarelo: formado por termos associados à Adoção e fatores contextuais, como *Adoção*, *Fatores culturais* e *Fatores políticos*.

Além desses, termos periféricos, como *Segurança da informação* e *Modelagem de Equações Estruturais/Delphi*, aparecem conectados por vínculos mais frágeis, que sugere relações específicas, mas menos centrais no corpus analisado.

Visualmente, cada termo é representado por um círculo: quanto maior o círculo, maior a força do termo. A proximidade espacial entre os círculos expressa a similaridade dos termos, e a espessura das linhas indica a intensidade de suas relações (FERREIRA; SILVA, 2019). Dessa forma, a análise do mapa deve considerar simultaneamente a rede de conexões, os clusters, a força dos termos e o número de ligações estabelecidas, o que confere maior profundidade à compreensão dos resultados.

Figura 2: Cluster de coocorrência de termos mais recorrente



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa (2025).

Na sequência, apresentam-se os resultados da investigação, acompanhados das inferências construídas a partir do diálogo com o referencial teórico. O primeiro agrupamento examinado corresponde ao cluster representado pela cor vermelha, no qual se constatou que a GI ocupa a posição de maior destaque em termos de impacto e número de conexões no mapa global. A Tabela 2 ilustra a composição desse cluster.

Tabela 2 – Palavras-chave do Cluster Vermelho e suas respectivas forças e ligações

Palavra-chave	Força	Ligações
IPSAS	6	23
Contas públicas	6	24
Finanças públicas	6	21
Convergência às normas internacionais	7	22
Governo	7	23
Contabilidade governamental	7	22
Normatização	7	20

Fonte: Dados da pesquisa (2025), extraídos do VOSviewer.

No cluster vermelho, observa-se a presença do termo Gerenciamento de Registros (GR), diretamente associado à Contabilidade, à auditoria e ao compliance, além de manter vínculos com outras governanças, como GI, GC, GTI, GD e GRI. Essa configuração reforça que as diferentes governanças demandam articulação e comunicação entre si para que seus processos se consolidem de forma efetiva. Em contabilidade, o gerenciamento de registros é essencial, pois trata-se de uma ciência voltada à administração de dados de grande volume (*big data*), cuja confiabilidade depende de normas, procedimentos e fiscalização contínua (Coyne; Coyne; Walker, 2018; Oliveira; Behr; Maçada, 2019).

O termo compliance aparece no cluster azul, mas mantém relação conceitual com o GR, refletindo seu papel como conjunto de diretrizes e condutas necessárias ao cumprimento de estratégias organizacionais (Muhammad et al., 2021). Ao lado da contabilidade, compliance atua como mecanismo de garantia de qualidade, integridade e tempestividade das informações, especialmente em contextos normativos e regulatórios (Smallwood, 2014; Silva et al., 2021).

A contabilidade, central para este estudo, mostra-se conectada a big data, auditoria, GI e GR, corroborando a literatura que a caracteriza como ciência gestora de informações econômico-financeiras que necessitam ser padronizadas e auditadas para assegurar transparência e conformidade (Assis, 2018; Zhai; Wang, 2019). Nesse ciclo relacional, a auditoria ocupa papel fundamental, pois garante que as informações sejam produzidas em consonância com normas vigentes, atuando como mecanismo de verificação e validação (ISA et al., 2019).

A análise dos resultados indica ainda que a informação contábil está posicionada no cluster vermelho, em paralelo à contabilidade, auditoria e compliance. Essa distinção sugere que a informação contábil não é utilizada apenas por especialistas da área, mas também por gestores e demais partes interessadas no processo decisório (Silva et al., 2021). Nesse contexto, a GI surge como recurso indispensável para a contabilidade, ao

estruturar metodologias que otimizam o tratamento informacional e garantem objetividade e segurança nas decisões.

De maneira geral, o ciclo formado por GR, contabilidade, informação contábil, compliance e auditoria reflete a necessidade de integração entre governanças para assegurar qualidade e confiabilidade dos dados. Os resultados obtidos demonstram que a GI se relaciona diretamente com a contabilidade ao apoiar o gerenciamento de registros e a aplicação de programas de governança, assegurando que as informações contábeis circulem de forma segura, transparente e aderente às exigências legais e institucionais.

No cluster verde, concentram-se os termos relacionados à qualidade, conformidade e divulgação das informações contábeis, evidenciando a importância da transparência e da aderência às normas regulatórias no contexto da governança da informação. Esse agrupamento destaca a informação contábil como elemento central, articulando-se com conceitos de conformidade, divulgação e qualidade, que asseguram a utilidade e a confiabilidade dos dados no processo decisório. A Tabela 3 apresenta a distribuição das palavras-chave desse cluster, com suas respectivas forças e ligações.

Tabela 3 – Palavras-chave do Cluster Verde e suas respectivas forças e ligações

Palavra-chave	Força	Ligações
Conformidade	7	18
Divulgação	6	19
Qualidade da informação	5	17
Qualidade da informação contábil	5	18
Informação contábil	7	23

Fonte: Dados da pesquisa (2025), extraídos do VOSviewer.

O cluster verde, em seus termos principais — *informação contábil*, *conformidade*, *divulgação*, *qualidade da informação* e *qualidade da informação contábil* — aponta para uma dimensão normativa e de confiabilidade da Governança da Informação (GI) fortemente voltada para a transparência, a prestação de contas e a adequação regulatória. Os resultados do seu estudo mostram que "informação contábil" possui alta força (7) e muitas ligações (23), indicando ser o nó mais central desse cluster, enquanto "conformidade" e "divulgação" também se destacam.

Esses achados se alinham com trabalhos recentes que exploram como a governança corporativa e os sistemas de governança da informação contribuem para a qualidade dos relatórios contábeis e para a divulgação transparente dos dados. Por exemplo, Reinaldo (2024) investigou companhias brasileiras e encontrou que a presença de comitês de auditoria e práticas robustas de governança corporativa têm impacto estatístico positivo sobre a *qualidade da informação divulgada*.

Outro estudo relevante é o de Neiroukh e Çağlar (2025), que focaliza a qualidade dos sistemas de informação em contabilidade gerencial (ISQMA) e mostra que, quando há sistemas de informação internos de alta qualidade, isso se traduz em relatórios financeiros mais precisos, o que, por sua vez, fortalece o desempenho em contextos de

sustentabilidade corporativa. Nesse trabalho, a qualidade da informação financeira atua como mediadora entre sistema de informação e resultados de transparência e conformidade.

Além disso, o efeito do desempenho ESG sobre a qualidade da informação contábil é explorado no estudo de Dai et al. (2024), que demonstra que empresas com melhor desempenho em aspectos ambientais, sociais e de governança tendem a apresentar informações contábeis de maior qualidade, especialmente em contextos em que há pressão regulatória ou expectativas externas mais elevadas.

Com base nesses estudos, podemos tecer algumas inferências importantes para o seu cluster verde:

1. Centralidade da Informação Contábil: A elevada centralidade desse termo no cluster reforça que, para atores institucionais e stakeholders, a informação contábil funciona como ponto de convergência entre expectativas de divulgação, qualidade de dados e compliance. É ela que articula as demais premissas — sem informação contábil sólida, as práticas de conformidade e transparência perdem valor.
2. Compliance e divulgação como vetores regulatórios: Os termos conformidade e divulgação aparecem com força relevante. A literatura confirma que mecanismos como comitês de auditoria externos, normas contábeis, avaliação ESG e obrigações de disclosure formal (relatórios anuais, relatórios ESG) fortalecem a confiança nos dados contábeis. Com isso, empresas que divulgam melhor e cumprem padrões normativos tendem a obter maior legitimidade e menor risco reputacional.
3. Qualidade da Informação como atributo-chave: A qualidade informacional aparece em dois termos do cluster (qualidade da informação; qualidade da informação contábil), sinalizando sua importância como atributo que vai além da mera conformidade técnica. A literatura recente sugere que atributos como relevância, precisão, tempestividade, consistência e verificabilidade dos dados contábeis são cada vez mais exigidos, inclusive por reguladores, investidores e órgãos de fiscalização.
4. Integração entre GI, GC, GD e GTI: Embora o cluster tenha foco em "qualidade/informação contábil", seus termos remetem também a práticas de governança corporativa (GC), de tecnologia da informação (GTI) e de governança de dados (GD), no sentido de que sistemas confiáveis de informação e mecanismos de compliance dependem de infraestrutura tecnológica, políticas de dados e controle institucional. Esse intercâmbio aparece claramente nos estudos mencionados (NEIROUKH; ÇAĞLAR; REINALDO; DAI et al., 2024), que colocam os sistemas de informação e os regimes normativos como facilitadores para alcançar qualidade e transparência.
5. Relevância para o seu estudo: Os resultados do seu mapa reforçam que, no contexto da GI, esse cluster verde evidência uma subárea estratégica: aquela em que a produção de informação contábil confiável e sua divulgação se tornam mecanismos centrais de accountability e legitimidade organizacional. Isso sugere que, para aprimorar a Governança da Informação, políticas e programas devem dar ênfase não apenas ao gerenciamento de registros e normas, mas também à qualidade intrínseca dos dados e à forma como são divulgados.

O cluster amarelo reúne termos que evidenciam os desafios da adoção de práticas de governança e normas contábeis internacionais, fortemente influenciados por fatores políticos e culturais. Esse agrupamento destaca que a implementação de modelos de governança não depende apenas de aspectos técnicos, mas também das condições institucionais e sociais de cada contexto. A Tabela 4 apresenta a distribuição das palavras-chave identificadas nesse cluster, com suas respectivas forças e ligações.

Tabela 4 – Palavras-chave do Cluster Amarelo e suas respectivas forças e ligações

Palavra-chave	Força	Ligações
Adoção	3	11
Fatores políticos	2	8
Fatores culturais	2	8

Fonte: Dados da pesquisa (2025), extraídos do VOSviewer.

O cluster amarelo é composto pelos termos “adoção” (força 3; 11 ligações), “fatores políticos” (força 2; 8 ligações) e “fatores culturais” (força 2; 8 ligações). Embora apresente menor densidade em comparação aos demais clusters, ele revela um ponto fundamental: a adoção de práticas de governança e normas contábeis internacionais não ocorre de forma neutra ou apenas técnica, mas é fortemente condicionada por variáveis institucionais, sociais e culturais.

A literatura recente confirma essa perspectiva. Nurunnabi (2021) destaca que a internalização de padrões globais de contabilidade é influenciada pelo alinhamento entre instituições locais e valores culturais, o que pode facilitar ou dificultar a efetividade normativa. Da mesma forma, Samaha e Khlif (2021) evidenciam que fatores políticos, como estabilidade governamental e apoio regulatório, são decisivos para o sucesso da convergência às normas internacionais. Complementando, estudos como os de Alon e Dwyer (2016) e Zehri e Chouaibi (2013) apontam que contextos culturais — como aversão à incerteza, distância do poder e grau de coletivismo — impactam diretamente o modo como os países incorporam práticas de governança e de contabilidade internacional.

No contexto da GI, esses achados sugerem que a “adoção” se torna um processo multidimensional, em que aspectos políticos e culturais funcionam como mediadores da efetividade das normas e padrões internacionais. Assim, o cluster amarelo complementa os demais ao mostrar que não basta dispor de mecanismos técnicos de qualidade: é necessário compreender como cada ambiente institucional molda a implementação de práticas de governança e contabilidade, influenciando a transparência e a comparabilidade das informações.

O cluster azul concentra os termos relacionados à integração entre diferentes tipos de governança, destacando a Governança da Informação (GI) como eixo central de conexão. Nesse agrupamento, observam-se vínculos diretos com a Governança Corporativa (GC), a Governança de Tecnologia da Informação (GTI) e mecanismos de gestão associados, o que reforça o caráter multidisciplinar e relacional da GI. A presença desses termos evidencia que a governança da informação não atua de forma isolada, mas depende da articulação com outras áreas para garantir eficiência, transparência e conformidade. A Tabela 5

apresenta as palavras-chave identificadas nesse cluster, com suas respectivas forças e ligações.

Tabela 5 – Palavras-chave do Cluster Azul (Cluster 3) e suas respectivas forças e ligações

Palavra-chave	Força	Ligações
Governança	6	16
Governança corporativa	6	15
Governança da informação	5	14
Níveis diferenciados de governança	4	12
Mecanismos	5	13

Fonte: Dados da pesquisa (2025), extraídos do VOSviewer.

A análise do cluster azul demonstra que a GI se conecta fortemente com diferentes modalidades de governança, desempenhando um papel articulador no campo da gestão organizacional. Essa característica reforça o entendimento de que a GI é um domínio ainda recente, surgido como resposta às limitações dos modelos tradicionais, especialmente no que se refere ao tratamento e à utilização da informação (Assis, 2018). Nesse agrupamento, destacam-se também os termos Governança Corporativa (GC) e Governança de Tecnologia da Informação (GTI), confirmando que a GI pode ser entendida como subárea da GC e que mantém interdependência com a GTI, em consonância com estudos que apontam sua natureza relacional (Tallon; Ramirez; Short, 2014).

Outro aspecto relevante é o caráter multidisciplinar da GI, que exige a interação com diferentes áreas — jurídicas, contábeis e administrativas — para que seus programas sejam efetivos (Oliveira, 2019). Tal multidisciplinaridade explica a presença de conexões da GI com termos associados a big data, compliance, riscos e contabilidade, os quais se vinculam a ambientes normativos e regulatórios cada vez mais exigentes (Smallwood, 2014; Guetat; Dakhli, 2015).

A relação entre GC e contabilidade também indica que nesse cluster, já que os princípios contábeis são aplicados na estruturação e qualificação das informações organizacionais (Coyne; Coyne; Walker, 2018; Zhai; Wang, 2016). Desse modo, a informação contábil e a GI podem ser compreendidas como áreas complementares: enquanto a contabilidade gera dados econômico-financeiros essenciais, a GI aprimora sua qualidade, transparência e conformidade por meio de programas de governança (Oliveira; Behr; Maçada, 2019).

Ainda, observa-se a presença do termo descoberta digital, que remete à necessidade de constante atualização dos mecanismos de gestão da informação diante das inovações tecnológicas e dos avanços nos sistemas organizacionais (Silva et al., 2021). Assim, o cluster azul confirma a centralidade da GI como eixo integrador entre diferentes governanças e sua importância para ampliar a confiabilidade, a segurança e a utilidade das informações nos processos decisórios.

O cluster roxo reúne termos de caráter metodológico, indicando as principais abordagens empregadas nos estudos que exploram a interface entre Governança da Informação e Contabilidade. Nesse agrupamento, destacam-se a técnica Delphi e a modelagem de equações estruturais, ambas associadas à validação de constructos, definição de

indicadores e testagem empírica de modelos teóricos. A Tabela 6 apresenta as palavras-chave identificadas nesse cluster, com suas respectivas forças e ligações.

Tabela 6 – Palavras-chave do Cluster Roxo e suas respectivas forças e ligações

Palavra-chave	Força	Ligações
Técnica Delphi	2	4
Equações Estruturais	2	4

Fonte: Dados da pesquisa (2025), extraídos do VOSviewer.

O cluster roxo agrega termos de natureza metodológica — técnica Delphi e modelagem de equações estruturais — ambos recorrentes em estudos sobre governança da informação e contabilidade. Apesar de apresentarem baixa força e número de ligações, esses termos são relevantes por evidenciarem os principais instrumentos utilizados para validação de constructos teóricos e escalas de mensuração no campo.

A técnica Delphi é amplamente reconhecida na literatura como método de construção de consenso entre especialistas, frequentemente aplicada em pesquisas que buscam definir critérios, identificar dimensões de governança ou validar indicadores em contextos organizacionais (Skulmoski; Hartman; Krahn, 2007; HSU; Sandford, 2021). Já a modelagem de equações estruturais (SEM) é consolidada como ferramenta estatística robusta para testar relações entre variáveis latentes, permitindo avaliar a adequação de modelos teóricos e mensurar efeitos diretos e indiretos (Hair et al., 2021; Kline, 2023).

No contexto desta revisão, a presença do cluster roxo sugere que os estudos sobre GI e contabilidade têm recorrido a métodos mistos: qualitativos (Delphi, para construção de indicadores e validação inicial) e quantitativos (SEM, para confirmação empírica dos modelos). Essa combinação metodológica fortalece a confiabilidade dos resultados e demonstra que a área vem avançando não apenas em termos conceituais, mas também no refinamento das abordagens de pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como propósito analisar a relação entre a Governança da Informação (GI) e a Contabilidade, a partir da questão norteadora: *qual a relação existente entre a GI e a Contabilidade?* Para respondê-la, o percurso metodológico foi estruturado em duas etapas: (i) a realização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), guiada pelo protocolo PRISMA, e (ii) a construção e análise de mapas de coocorrência de termos no software VOSviewer.

Os resultados da RSL revelaram que, embora haja um corpo de pesquisas internacionais relativamente consolidado sobre a interface entre GI e contabilidade, o número de estudos no Brasil ainda é incipiente. Das trinta pesquisas selecionadas, apenas cinco trataram especificamente da relação entre GI e contabilidade, sendo duas de autoria nacional. No cenário internacional, identificam-se discussões mais avançadas sobre convergência às normas internacionais (IPSAS), qualidade da informação contábil, compliance e integração entre governanças (corporativa, de TI, de dados e pública), enquanto no contexto brasileiro a produção ainda se concentra em análises pontuais e pouco exploradas.

Essa disparidade evidencia a necessidade de ampliar as investigações no Brasil, especialmente diante de fatores contemporâneos como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD nº 13.709/2018), a transformação digital e os riscos crescentes relacionados à segurança da informação, como vazamentos de dados e ataques de *ransomware*. A literatura internacional já aponta caminhos para lidar com esses desafios, destacando práticas integradas de governança e o uso de tecnologias para garantir transparência, confiabilidade e comparabilidade das informações.

No que se refere à prática contábil, constatou-se que os profissionais enfrentam dificuldades crescentes no gerenciamento de grandes volumes de dados e, muitas vezes, não conseguem comunicar as informações de maneira clara e acessível a diferentes públicos. A GI, nesse sentido, apresenta-se como ferramenta estratégica para fortalecer a qualidade, a segurança e a conformidade das informações contábeis, aproximando-as das exigências regulatórias e das expectativas de gestores, investidores e stakeholders em geral.

A análise dos clusters demonstrou que a GI atua como elo de integração entre diferentes tipos de governança, enquanto a contabilidade enfatiza o cumprimento das normas e regulamentações. Esse contraste mostra que a GI é absorvida pela contabilidade como recurso de apoio regulatório, mas também como via para potencializar a gestão estratégica das informações.

Este estudo contribui em duas dimensões. No plano teórico, reforça a relevância da GI no campo contábil, ampliando a compreensão de um tema emergente que dialoga com literatura internacional já consolidada. No plano prático, mostra que a integração da GI pode elevar os padrões de controle e reduzir riscos, trazendo benefícios concretos para organizações e profissionais.

Entre as limitações, destaca-se a restrição de acesso a artigos de conteúdo fechado, especialmente no período de 2019 a 2021. Como agenda de pesquisa, recomenda-se: (i) aprofundar a investigação sobre a aplicação prática da GI na contabilidade brasileira; (ii) examinar a percepção de docentes sobre a inclusão do tema na formação profissional; e (iii) ampliar o escopo para áreas correlatas, como controladoria e perícia contábil, promovendo um diálogo mais intenso entre a literatura nacional e internacional.

Em síntese, a pesquisa demonstra que a integração entre GI e contabilidade é uma tendência global, mas que ainda carece de maior desenvolvimento no Brasil. Avançar nesse debate é fundamental para alinhar a prática contábil nacional às melhores práticas internacionais, fortalecendo a transparência, a segurança e a qualidade da informação em um cenário informacional cada vez mais complexo.

REFERÊNCIAS:

[1] ABRAHAM, R.; SCHNEIDER, J.; VOM BROCKE, J. Data governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda. *International Journal of Information Management*, v. 49, p. 424-438, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008

[2] ALON, A.; DWYER, P. D. Early adoption of IFRS as a strategic response to transnational and local influences. *The International Journal of Accounting*, v. 49, n. 3, p. 348-370, 2016.

[3] ASSIS, M. P. *Governança da informação: fundamentos e aplicações*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018.

[4] ASSIS, R. S.; MENDONÇA, C. M. C.; CARDOSO, R. L. Governança da informação e governança corporativa: inter-relações e implicações para a contabilidade. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v.

19, n. 52, p. 139-156, 2022. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-8069.2022.e82833

[5] BEIJER, G. IT Governance and business value: a qualitative study in the Netherlands. *International Journal of IT/Business Alignment and Governance*, v. 1, n. 2, p. 35-55, 2009.

[6] BROOKS, D. Information governance and data management: balancing compliance and efficiency. *Journal of Information Systems*, v. 33, n. 2, p. 95-110, 2019.

[7] COYNE, J. G.; COYNE, E. M.; WALKER, K. B. A review of accounting information system research in accounting information and auditing. *Journal of Information Systems*, v. 32, n. 3, p. 117-131, 2018.

[8] DAI, L.; ZHANG, W.; HUANG, J.; LI, Y. ESG performance and accounting information quality: evidence from Chinese listed companies. *Journal of Humanities, Business and Economics Management*, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2024.

[9] DONALDSON, L.; WALKER, R. M. The theory of governance: public governance and accountability. *Public Administration Review*, v. 64, n. 4, p. 415-423, 2004.

[10] FERREIRA, J. B.; SILVA, L. de A. M. O uso da bibliometria e sociometria como diferencial em pesquisas de revisão. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v. 15, n. 2, p. 448-464, 2019.

[11] GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 24, n. 2, p. 335-342, 2015. DOI: https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017.

[12] GUETAT, L.; DAKHLI, S. Information governance and business performance: a conceptual framework. *Information Systems Management*, v. 32, n. 3, p. 220-233, 2015.

[13] HAIR, J. F. et al. *Multivariate data analysis*. 8. ed. Hampshire: Cengage Learning, 2021.

[14] HSU, C. C.; SANDFORD, B. A. The Delphi technique: making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, v. 26, n. 6, p. 1-18, 2021.

[15] ISA, M. A.; SHARIFB, M.; ALIC, A.; NORDIND, R. Audit quality and information governance in financial institutions. *International Journal of Accounting and Finance*, v. 9, n. 2, p. 133-150, 2019.

[16] KLINE, R. B. *Principles and practice of structural equation modeling*. 5. ed. New York: Guilford Press, 2023.

[17] KOOPER, M. N.; MAES, R.; LINDGREEN, E. On the governance of information: Introducing a new concept of governance to support the management of information. *International Journal of Information Management*, v. 31, n. 3, p. 195-200, 2011.

[18] MANSFIELD-DEVINE, S. Information governance, compliance and information security. *Computer Fraud & Security*, v. 2017, n. 5, p. 15-20, 2017.

[19] MERKUS, S.; HELMS, R.; KROON, T.; HELMS, N. Information governance: Foundations, practices, and challenges. *Records Management Journal*, v. 29, n. 1/2, p. 69-90, 2019.

[20] MOMO, F. Information governance and accounting information quality: connections and implications. *Revista Universo Contábil*, v. 15, n. 4, p. 57-74, 2019.

[21] MOURA, A. R.; BRAUNER, M. C.; JANISSEK-MUNIZ, R. Governança da informação: fundamentos, dimensões e implicações organizacionais. *Revista de Administração da UFSM*, v. 13, n. 2, p. 310-326, 2020.

[22] MOURA, L. F.; BRAUNER, J.; JANISSEK-MUNIZ, R. Governança da informação e gestão da transparência em organizações públicas. *Revista de Administração Pública*, v. 54, n. 6, p. 1411-1433, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-761220190210

[23] MUHAMMAD, N.; ISA, C. R.; SHAMSUDDIN, A.; MIAH, M. S. Compliance and governance mechanisms in accounting practices. *Asian Journal of Accounting Research*, v. 6, n. 3, p. 310-326, 2021.

[24] NEIROUKH, M. A.; ÇAĞLAR, İ. The effect of information systems quality on management accounting and financial reporting. *Systems*, v. 13, n. 7, p. 537, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/systems13070537

[25] NURUNNABI, M. Cultural factors in adoption of international accounting standards: evidence from emerging economies. *Journal of International Accounting Research*, v. 20, n. 1, p. 45-68, 2021. DOI: https://doi.org/10.2308/jiar-19-030.

[26] OLIVEIRA, M. Governança da informação: perspectivas e práticas no contexto organizacional. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 23, n. 6, p. 771-789, 2019.

[27] OLIVEIRA, M.; BEHR, A.; MAÇADA, A. C. G. Information governance and accounting: an integrative perspective. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 30, n. 80, p. 221-236, 2019.

[28] OTTO, B.; WEBER, K**.** Designing data governance: An academic perspective. *Business & Information Systems Engineering*, v. 63, n. 1, p. 97-111, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s12599-020-00654-2

[29] PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

[30] PERDIGÃO, J. A.; NIYAMA, J. K.; SANTANA, C. M. Governança corporativa e gestão de riscos no setor público. *Revista Universo Contábil*, v. 6, n. 4, p. 26-45, 2010.

[31] REINALDO, R. S. Governança corporativa e a qualidade da informação contábil: evidências em companhias brasileiras. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 2, e47043, 2024. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v13i2.47043.

[32] SAMAHA, K.; KHLIF, H. Adoption of IFRS in emerging markets: cultural and political challenges. *Journal of Accounting in Emerging Economies*, v. 11, n. 1, p. 1-21, 2021.

[33] SKULMOSKI, G. J.; HARTMAN, F. T.; KRAHN, J. The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education: Research*, v. 6, p. 1-21, 2007.

[34] SMALLWOOD, R. F. *Information governance: concepts, strategies, and best practices*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

[35] TALLON, P. P.; RAMIREZ, R. V.; SHORT, J. E. The information artifact in IT governance: toward a theory of information governance. *Journal of Management Information Systems*, v. 30, n. 3, p. 141-178, 2014.

[36] TYAGI, S. Big data governance: frameworks and strategies for organizations. *Information Systems Frontiers*, v. 23, n. 5, p. 1209-1224, 2021.

[37] **WEBER, K.; OTTO, B.** A design theory for data governance. *European Journal of Information Systems*, v. 31, n. 1, p. 43-71, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/0960085X.2021.1871960.

[38] WHITE, G.; MCMANUS, L.; ATHERTON, J. Compliance, corporate governance and risk management in accounting. *International Journal of Accounting & Information Management*, v. 15, n. 2, p. 116-126, 2007.

[39] WEBER, K.; OTTO, B. Information governance: Foundations, perspectives, and challenges. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 35, n. 5, p. 1340-1359, 2022.

[40] WHITE, G.; MCMANUS, L.; ATHERTON, J. Compliance, corporate governance and risk management in accounting. *International Journal of Accounting & Information Management*, v. 15, n. 2, p. 116-126, 2007.

Capítulo 4

Reuso na indústria têxtil: uma avaliação através do design circular e tecnologia

Raiane Teodoro de Almeida
Francisco Santos Sabbadini
Kelly Alonso Costa

Resumo: A indústria da moda é um dos maiores setores econômicos globalmente, mas também uma das principais responsáveis pelos impactos ambientais, incluindo a emissão de gases de efeito estufa e o esgotamento de recursos naturais. O *design* circular e o reuso surgem como alternativas promissoras para diminuir esses efeitos, promovendo uma produção mais sustentável e reduzindo o desperdício. Este artigo avalia como essas práticas podem ser integradas às tecnologias emergentes da Indústria 4.0, e quais são seus impactos e benefícios para o setor de moda. A pesquisa, que revisou artigos acadêmicos, focou no reuso na indústria têxtil, identificando desafios na implementação e comparando os impactos ambientais dessas práticas com os métodos tradicionais. Sendo assim, pode-se concluir que, embora inovações tecnológicas e um design mais duradouro ofereçam oportunidades de transformação, ainda há obstáculos como resistência cultural e falta de infraestrutura adequada. A adoção de práticas circulares, além de reduzir impactos ambientais, se mostra capaz de oferecer vantagens econômicas às empresas, como diminuição de custos com matérias-primas e aumento da eficiência operacional.

Palavras-chave: Economia Circular, Indústria Têxtil, Reuso, Setor de Moda, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é listada por algumas pesquisas como uma das principais fontes de contaminação ambiental a nível mundial, provocando efeitos significativos no consumo excessivo de recursos naturais do planeta e na contínua degradação ecológica. (Dhiwar e Bedarkar, 2024). Ainda, o processo produtivo e a disposição final de itens de vestuário constituem fontes significativas de contaminação ambiental. (Mukthar *et al*., 2024).

Diante desse panorama, o aumento da manufatura e a eliminação inadequada de peças de roupa contribuem para a intensidade da deterioração ecológica, uma vez que o padrão atual de consumo no setor da moda intensifica os efeitos adversos, originando volumes consideráveis de dejetos têxteis e promovendo danos ao ecossistema como um todo.

Por outro lado, têm-se a economia circular, modelo que propõe uma abordagem diferente: ao invés de descartar, ela defende a ideia de se reaproveitar o que já existe, seja através do reuso ou refinamento do design, ou seja, a ideia central é fazer com que produtos, materiais e recursos mantenham seu valor pelo maior tempo possível (Fundação Ellen MacArthur, 2017).

Nesse contexto, quando se combina a reutilização com as novas tecnologias no setor têxtil, surgem oportunidades atrativas. É possível analisar casos reais de empresas que já adotaram essas práticas para entender melhor os benefícios ambientais que elas oferecem e os desafios enfrentados na prática. Assim, tecnologias como inteligência artificial e ferramentas digitais podem ser integradas aos processos produtivos de forma eficiente, atuando na redução de desperdícios e fortalecendo o modelo circular.

O objetivo central desta pesquisa é investigar como as práticas de reutilização e design circular, quando combinadas com tecnologias, podem ser efetivamente implementadas na indústria da moda - e quais obstáculos precisam ser superados nesse processo. Para atingir essa meta, o estudo propõe o mapeamento de práticas de reutilização que empresas do setor têxtil já utilizam, identificar quais tecnologias se mostram mais adequadas para esse ramo, avaliar os principais desafios encontrados pelas organizações que tentam implementar essas soluções e comparar os impactos ambientais dessas práticas inovadoras frente aos métodos tradicionais de produção.

2. MÉTODOS

O método empregado para este estudo objetivou alcançar as metas estabelecidas mediante a análise das práticas de reutilização implementadas no segmento de moda através da concepção circular e tecnologias direcionadas à Indústria 4.0. O foco da pesquisa consiste no procedimento de incorporação da concepção circular na manufatura de vestuário, com destaque na reutilização e diminuição de desperdícios ao longo da cadeia produtiva, desde a criação até a disposição final pós-utilização.

Executou-se igualmente uma análise bibliográfica e pesquisas, visando compreender as práticas de reutilização no setor têxtil alinhadas à concepção circular e tecnologias emergentes, sendo as investigações realizadas em base internacional indexada (utilizada a plataforma Scopus devido à disponibilidade de acesso e relevância dos artigos identificados). A escolha das técnicas de análise foi efetuada com base nas particularidades do segmento da moda e nos propósitos do estudo, observando os critérios de relevância, correlação com o tema e aplicabilidade prática. As técnicas de análise empregadas foram:

I. Pesquisa realizada entre os meses de setembro/2024 a dezembro de 2024 em documentos de base científica, filtrando os artigos mais citados de acordo com a utilização das sintaxes de busca abaixo na base Scopus: Titulo-ABS-Chave: *"circular economy" AND "fashion industry" AND "reuse".*

Linguagem: português ou inglês.

Período: últimos 05 anos (2020 - 2024) a fim de delimitar a pesquisa e encontrar artigos mais recentes;

II. Análise de empresas do ramo têxtil, através de buscas nos sites disponíveis, que aplicam práticas de reuso e design circular, analisando suas práticas de incentivo à circularidade (utilizada como referência a empresa Trove ®, devido ao fato de suas práticas possuírem aderência à linha de pesquisa do artigo);

III. Análise dos dados encontrados, com foco na identificação de desafios e benefícios do reuso da indústria têxtil, além dos impactos ambientais que são gerados pelas práticas atuais.

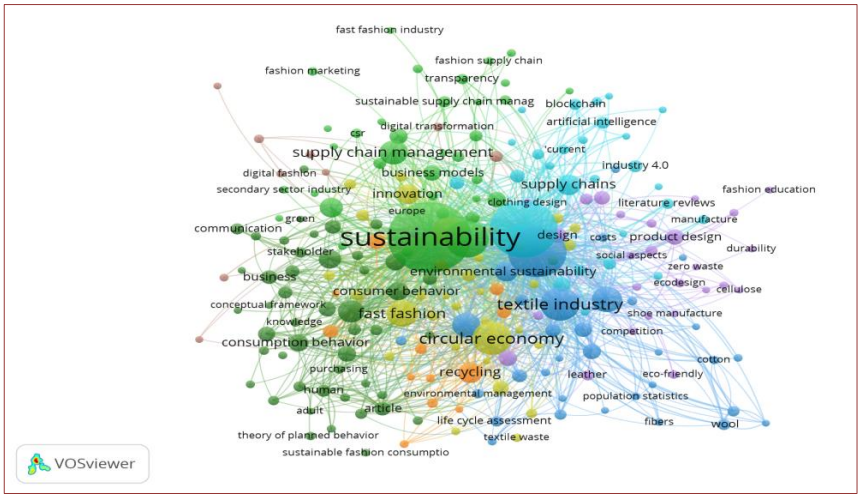
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indústria têxtil é um dos setores mais importantes da economia global, gerando milhões de empregos e exercendo grande influência na atual sociedade (Abagnato, Rigamonti e Grosso, 2024). Porém, seu impacto no meio ambiente é preocupante. A produção e o descarte de roupas geram gases do efeito estufa, esgotam recursos naturais e causam poluição, principalmente pelo alto consumo de água e energia.

Estudos sobre redução de resíduos na moda mostram que o descarte excessivo de roupas tem causado danos ambientais significativos, problema agravado pelo modelo de *fast fashion* (sistema que prioriza a produção rápida e em massa de peças baratas). Para enfrentar essa questão, pesquisadores apontam estratégias como design circular, *upcycling* (transformação de peças que seriam descartadas em novos produtos), reciclagem de tecidos e práticas de consumo mais conscientes, como aluguel de roupas e compra de peças usadas (Schiaroli *et al*.,2024).

Ao pesquisar em bases de dados acadêmicos, observa-se que esse tema tem ganhado cada vez mais atenção nos últimos anos, especialmente no período estudado (2020-2024). Uma busca na base Scopus usando os termos "*fashion industry*" AND "*sustainability*" encontrou 763 artigos, conforme mostrado na Figura 1 abaixo. Esta visualização foi criada usando o software VOSviewer e revela as conexões entre sustentabilidade e diferentes aspectos da indústria têxtil.

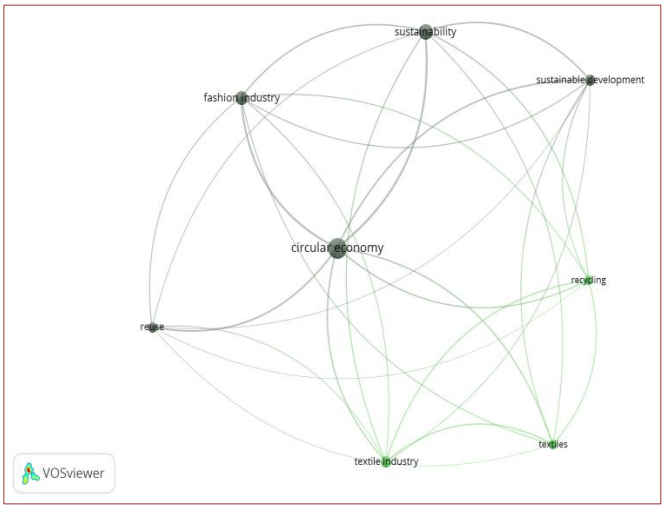
Figura 1 – Imagem gerada com base nos artigos pesquisados através do aplicativo VOSviewer



Fonte: Elaborado pela autora através do aplicativo *VOSviwer* ®, 2024.

Logo após, ao realizar uma busca mais detalhada com base nas palavras-chaves deste artigo - buscando diminuir a variedade de artigos encontrados e fazer uma pesquisa mais direcionada ao tema - foi acrescentada a palavra "*reuse*" na sintaxe anteriormente descrita, onde pode-se observar um resultado de 37 artigos totais no mesmo período, conforme demonstrado na Figura 2 (também gerada através do aplicativo VOSviwer ®). Essa análise demonstra que a crescente se dá não apenas em aspectos relacionados à economia circular e à indústria da moda, mas também à associação de práticas de reuso ao tema.

Figura 2 – Imagem gerada pelo aplicativo VOSviewer através da pesquisa da nova sintaxe



Fonte: Elaborado pela autora através do aplicativo *VOSviewer* ®, 2024.

Através dessa análise, foi possível identificar que os artigos, ao mapearem os processos de reuso de materiais e identificar os pontos críticos onde as ineficiências são mais prevalentes, concluem que a implementação de práticas circulares tem grande potencial de transformação, visto que o ciclo de vida dos produtos - quando pensado de maneira circular - considera a durabilidade e a facilidade de reutilização dos materiais.

Há múltiplas estratégias para tornar o setor têxtil mais ecológico, denominadas "alternativas sustentáveis". Essas alternativas podem ser classificadas em três áreas centrais: (1) as características sustentáveis inerentes do artigo, obtidas através da utilização de matérias-primas específicas, estratégias de concepção e métodos produtivos; (2) a conservação e o cuidado com o artigo pelos usuários, com enfoque em estender sua funcionalidade, estilo e durabilidade; e (3) a eliminação do artigo, facilitando sua recuperação e reprocessamento, seja como um novo produto ou como matéria-prima (Schiaroli *et al*., 2024).

As práticas de reutilização no segmento de moda, quando vinculadas à concepção circular e ao emprego de tecnologias emergentes, revelam um cenário abundante em oportunidades e obstáculos para o setor como a implementação de práticas mais sustentáveis e inovadoras. As tecnologias da Indústria 4.0 proporcionam soluções que viabilizam a personalização, a otimização de processos e a diminuição do desperdício (Viles *et al*., 2022).

Um exemplo prático e concreto encontra-se na empresa Trove®, que se destaca pelo enfoque em práticas sustentáveis, especialmente no estímulo à reutilização e à economia circular. Ela disponibiliza uma plataforma que facilita a aquisição e comercialização de roupas usadas, promovendo o reaproveitamento de peças e contribuindo para a diminuição do desperdício. Ao estimular o consumo consciente e a troca de roupas em substituição à compra de novas peças, a empresa demonstra, na prática, que busca reduzir o efeito ambiental da moda alinhando-se aos princípios da moda circular.

Ademais, a Trove® também conscientiza seus consumidores sobre a importância de estender o ciclo vital das roupas, diminuindo a necessidade de produção excessiva e a geração de dejetos, reforçando a ideia de que cada peça reutilizada reduz a demanda por novos recursos e minimiza os efeitos negativos do setor de moda. Assim, ela não apenas facilita a reutilização, mas também auxilia na transformação do comportamento dos consumidores em direção a um modelo mais sustentável e responsável.

A transformação do setor da moda para um modelo circular não é apenas necessária para a proteção ecológica, mas também representa uma oportunidade de inovação e liderança no desenvolvimento de um futuro mais sustentável (Hildebrandt *et al*., 2021).

A reutilização, combinada à utilização de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial e digitalização, pode acelerar a transição para práticas mais sustentáveis e circulares. As vantagens econômicas e os danos ambientais atualmente perceptíveis evidenciam a urgência de uma transformação estrutural no setor, a fim de promover um modelo produtivo mais sustentável (Hildebrandt *et al*., 2021).

Além disso, práticas de reutilização, quando bem implementadas, podem gerar não apenas benefícios ambientais, mas também econômicos, ao permitir que as organizações reduzam seus custos com a aquisição de novas matérias-primas e otimizem a produção (Gornostaeva, 2024).

A reutilização neste setor não apenas diminui a quantidade de dejetos, mas também resulta em economias de custos operacionais. No entanto, também foram identificadas

barreiras, como a resistência à mudança dentro das empresas, a ausência de infraestrutura adequada para reprocessamento e a dificuldade em convencer os consumidores a adotarem produtos duráveis, ao invés de se entregarem ao consumismo rápido e descartável.

4. CONCLUSÕES

A implementação de práticas de economia circular no setor da moda surge como uma solução eficaz para mitigar os efeitos ambientais causados pelo ramo, promovendo um modelo regenerativo onde os produtos são concebidos para ter um ciclo vital mais extenso, facilitando seu conserto e reutilização. Essa abordagem é particularmente relevante, dado o fato de uma obsolescência acelerada que gera um grande volume de dejetos têxteis.

A concepção circular, ao integrar a sustentabilidade no processo criativo, visa a criação de produtos que podem ser reutilizados, reprocessados ou adaptados ao longo de seu ciclo vital, o que inclui a seleção de materiais mais resistentes e a incorporação de características que favoreçam o reparo e reprocessamento, em vez do descarte, permitido que as organizações desenvolvam modelos de negócios focados na durabilidade e no consumo responsável, afastando-se do modelo descartável predominante.

Contudo, a transição para um modelo de economia circular enfrenta obstáculos significativos, como a adaptação das cadeias de abastecimento globais, a modificação nos hábitos de consumo e a resistência dentro da própria indústria. Superar esses obstáculos exige investimentos em inovação tecnológica, novas soluções logísticas e a colaboração entre diversos setores, como fornecedores, designers e consumidores, para viabilizar a produção sob demanda, a personalização e o reprocessamento de materiais.

Além disso, a transição para um modelo circular na moda requer mudanças culturais e políticas públicas que incentivem amplamente a implementação dessas práticas, em que a colaboração entre empresas, consumidores, governos e outros stakeholders constitui um passo importante para superar esses desafios. Por outro lado, o setor de moda é capaz de alcançar resultados proeminentes ao conciliar inovação e responsabilidade ambiental, com forte capacidade de influenciar tendências e comportamentos.

A implementação de estratégias de reutilização e concepção circular, impulsionadas por tecnologias avançadas, oferece um caminho viável para reduzir os efeitos ambientais do setor e promover um ciclo produtivo mais equilibrado. Para estudos futuros, é relevante investigar como as práticas de concepção circular, em especial referentes ao uso de materiais reprocessáveis e produtos duráveis, influenciam as decisões de compra dos consumidores.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 59004: Economia circular - Vocabulário, princípios e orientações para implementação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[2] ABAGNATO, Samuele; RIGAMONTI, Lucia; GROSSO, Mario. Life cycle assessment applications to reuse, recycling, and circular practices for textiles: a review. **Waste Management**, [S.L.], v. 182, p. 74-90, jun. 2024.

[3] DHIWAR, Komal; BEDARKAR, Madhura. Circular Economy for *Fashion* Waste in the Indian *Fashion* Industry: challenges and opportunities. ***Fashion*** **Practice**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 344-372, set. 2024. Informa UK Limited.

[4] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: o Racional de Negócio para Acelerar a Transição.** Disponível em: http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/. Acesso em 15 de maio de 2024.

[5] GORNOSTAEVA, Galina. Design and sustainability in the *fashion* industry: the example of independent labels in London. **Cleaner And Responsible Consumption**, [S.L.], v. 15, p. 100221, dez. 2024.

[6] HILDEBRANDT, Jakob; THRÄN, Daniela; BEZAMA, Alberto. The circularity of potential bio-textile production routes: comparing life cycle impacts of bio-based materials used within the manufacturing of selected leather substitutes. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 287, p. 125470, mar. 2021.

[7] MUKTHAR, K. P. Jaheer; NAGADEEPA, C.; SELVARATNAM, Doris Padmini; PUSHPA, A.; SHUKLA, Nidhi. Sustainable wardrobe: recycled clothing towards sustainability and eco-friendliness. **Discover Sustainability**, [S.L.], v. 5, n. 1, 11 jul. 2024.

[8] SCHIAROLI, Valerio; FRACCASCIA, Luca; DANGELICO, Rosa Maria. How can consumers behave sustainably in the *fashion* industry? A systematic literature review of determinants, drivers, and barriers across the consumption phases. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 483, p. 144232, dez. 2024.

[9] TROVE SUSTAINABILITY. Disponível em: https://trove.com/sustainability/. Acesso em 09 de novembro de 2024.

[10] VILES, Elisabeth; KALEMKERIAN, Florencia; GARZA-REYES, José Arturo; ANTONY, Jiju; SANTOS, Javier. Theorizing the Principles of Sustainable Production in the Context of Circular Economy and Industry 4.0. **Sustainable Production And Consumption**, [S.L.], v. 33, p. 1043-1058, set. 2022

Capítulo 5

Revisão bibliométrica do pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar com a relação com a produção de etanol convencional

Lucas Vinicius Borges Pereira
Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes
Elvia Leal
Joelda Dantas

Resumo: No contexto atual há um foco crescente na diversificação da matriz energética, especialmente no uso de biomassa lignocelulósica para produção de biocombustíveis, dada a sua ampla disponibilidade e baixo custo. O setor sucroalcooleiro, ao gerenciar resíduos como bagaço e palha de cana-de-açúcar, destaca-se na busca por soluções energéticas e ambientais eficientes. Os carboidratos presentes nesses resíduos sucroalcooleiros podem ser solubilizados por métodos de pré-tratamento, com destaque para o hidrotérmico, facilitando o processo de hidrólise, fermentação e destilação para produção de etanol de segunda geração. Nesse contexto, a presente pesquisa busca a construção de um estudo bibliométrico e avaliativo abordando o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar com relação a produção de etanol convencional. Logo, a análise bibliométrica possibilitou a identificação da atuação de países como Brasil, Índia e China. Além disso, os termos *bioetanol, biofuel, biomass, lignocellulosic biomass, pretreatment e hydrolysis* foram mais recorrentes nos estudos analisados. A avaliação de conteúdo, realizada por meio dos relatórios disponibilizados pela Agência Nacional do Petróleo, permitiu a identificação do cenário atual da produção de etanol convencional. O etanol é evidenciado com a emissão de 29.076.667 CBio's no ano de 2023, destacando o potencial desse biocombustível frente ao uso de biodiesel e biometano. A pesquisa avança no conhecimento científico e alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS e a Química verde ao promover a utilização de subprodutos agrícolas como matéria-prima para a produção de etanol.

Palavras-Chave: Pré-tratamento Hidrotérmico, Produção de Etanol, Resíduos Agroindustriais, Materiais Sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios a humanidade vem estabelecendo uma relação de exploração com o meio ambiente para atender às suas necessidades básicas e promover a manutenção de suas atividades rotineiras. Dessa forma, é notório a crescente dependência de combustíveis fósseis que se propaga até os dias de hoje, visto que apenas 15% da matriz energética mundial é proveniente de fontes renováveis. Atualmente, questões ambientais vêm sendo discutidas buscando potencializar a diversificação da matriz energética objetivando a diminuição da utilização de combustíveis não renováveis. Logo, dentre as fontes renováveis de energia, a biomassa lignocelulósica tem despertado interesse para a produção de biocombustíveis devido a sua disponibilidade em larga escala e o seu baixo busto, por tratar-se de resíduos agrícolas (Lopes; Marques, 2019; EPE, 2023; Cho *et al.* 2021).

O setor sucroalcooleiro destaca-se pelo seu potencial em solucionar problemas energéticos e ambientais em decorrência da sua boa gestão de resíduos, conforme estabelecido por Larsen Filho *et al.* (2024). Nesse âmbito, são gerados resíduos lignocelulósicos como palha e bagaço de cana-de-açúcar que podem ser aplicados à produção de biocombustíveis, como o etanol, para atender as estratégias estabelecidas por programas como o Renovabio e o Rota 2030. Vale ressaltar que a cana-de-açúcar possui um potencial significativo nesse cenário, pois para cada tonelada dessa planta processada são gerados 250 kg de bagaço e 204 kg de palha e pontas secas (Gabriel, 2021).

A palha de cana-de-açúcar corresponde a um resíduo lignocelulósico proveniente do campo obtido através do processo de colheita mecanizada, onde parte do resíduo permanece ao solo para evitar processos erosivos e intemperismo. Além disso, na colheita manual, a palha é queimada para facilitar o corte liberando todo carbono absorvido durante seu crescimento. Já o bagaço de cana-de-açúcar é obtido após o processo de moagem, sendo encaminhado para a caldeira objetivando a produção de energia elétrica para alimentar a própria usina.

Segundo dados da CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2024), a produção de cana-de-açúcar na safra 2023/2024 apresentou um aumento de 16,8%, quando comparado a safra anterior. Assim, a utilização do bagaço e da palha de cana-de-açúcar na produção de etanol é justificada mediante a implementação de leis e diretrizes ambientais que impulsionam a prática da colheita mecanizada, bem como o quantitativo de resíduo gerado, fator que fundamenta a aplicação desses detritos na produção do etanol celulósico (2G).

O etanol celulósico é produzido a partir da bioconversão dos açúcares presentes na biomassa lignocelulósica em açúcares fermentescíveis. Assim, a palha e o bagaço de cana-de-açúcar são compostos por macromoléculas de celulose (40-44%), hemicelulose (30-32%) e lingina (22-25%) alinhadas por meio de pontes de hidrogênio e/ou ligações covalentes (Cenci *et al.*, 2023).

Carvalho *et al.* (2021) descreve que a celulose é a macromolécula vegetal mais abundante do planeta, sendo caracterizada como um homopolissacarídeo formado por unidades de D-glicopiranose unidas entre si por ligações B (1-4). A hemicelulose corresponde a um heteropolímero de estrutura ramificada composto por açúcares menores, como: xilose, arabinose e galactose. Já a lignina é classificada como a molécula responsável pela rigidez do material e atua na proteção contra o ataque microbiano. No processo de produção do etanol a biomassa precisa passar pela etapa de pré-tratamento para promover a

desorganização dessa matriz, reduzir a cristalinidade do resíduo e aumentar a acessibilidade a celulose.

Dentre os tipos de pré-tratamentos empregados, sendo eles físicos, químicos e biológicos, o pré-tratamento hidrotérmico tem ganhado destaque por promover o rompimento das ligações lignina carboidrato sem a adição de reagentes químicos, fazendo uso apenas de água em altas pressões e temperaturas. As demais estratégias apresentam limitações consideráveis que restringem sua aplicabilidade, considerando o uso de condições severas que podem solubilizar moléculas importantes (Ho; Ong; Wu, 2019). Os pré-tratamentos químicos são responsáveis pela corrosão de equipamentos, bem como ocasionam a produção de subprodutos inibidores da fermentação etanólitica. Já as operações de cominuição exigem uma grande quantidade de energia, dificultando sua aplicação em larga escala. Dessa forma, o pré-tratamento hidrotérmico destaca-se em relação a eficiência de separação, menor produção de produtos de degradação e a minimização dos impactos ambientais (Sun *et al.*, 2022).

Nesta perspectiva, no presente artigo de revisão foi objetivado apresentar um panorama atual sobre os mecanismos que englobam a produção de etanol, bem como buscou-se compreender a importância da aplicação do pré-tratamento hidrotérmico em resíduos lignocelulósicos do setor sucroalcooleiro, palha e bagaço de cana-de-açúcar, para obtenção do etanol de segunda geração. A análise não diz respeito apenas a uma abordagem bibliométrica e avaliativa do conteúdo proposto, pois oferece uma reflexão atual sobre o uso de resíduos agrícolas na produção de biocombustíveis. Além disso, identifica lacunas existentes na literatura e contribui para o melhoramento de técnicas de produção já existentes, trabalhando com mais eficácia e sustentabilidade.

2. METODOLOGIA

2.1. MÉTODO DE REVISÃO

A bibliometria e a avaliação de conteúdo foram escolhidas como métodos de revisão, buscando determinar os pressupostos que compreendem a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração. Nesse âmbito, He *et al.* (2025) descrevem que a bibliometria promove a medição da atividade científica, analisando a produção acadêmica em um determinado campo, além de contribuir para avaliação da qualidade, quantidade, impacto e relevância das publicações analisadas. Ademais, Manicardi *et al.* (2023) destacam a capacidade dessa metodologia em mapear tendências de pesquisa relacionando palavras-chave, bases de dados, critérios de inclusão de artigos científico e observações dos parâmetros relevantes.

A análise de conteúdo foi adotada em função da sua eficácia na condução de pesquisas científicas. Teodoro e Oliveira (2024) discorrem que esse método possibilita a compreensão e interpretação da linguagem, permitindo a extração de informações, compreensão e interpretação dos conteúdos que permeiam o tema abordado.

2.2. CRITÉRIOS DE BUSCA

O processo de coleta de dados foi realizado buscando a obtenção de publicações com relevância científica por meio das bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. A escolha dessas bases é pautada em razão ao seu potencial nas áreas de Ciências, Tecnologias e

Humanidades (Chitumba *et al.*, 2024; Linhares *et al.*, 2019). Para realização das buscas foram delimitados dois eixos de pesquisa: (I) Produção de etanol e (II) Resíduos lignocelulósicos. Posteriormente, palavras-chave foram associadas a cada eixo de pesquisa. No primeiro eixo, incluíram-se: etanol de primeira geração, etanol de segunda geração e pré-tratamento hidrotérmico; enquanto, no segundo eixo, foram utilizadas as palavras-chave resíduos lignocelulósicos, bagaço de cana-de-açúcar, palha de cana-de-açúcar e etanol. As palavras-chave, combinadas por meio dos indicadores booleanos AND e OR, deram origem a *string* de busca utilizada na pesquisa: "ethanol production" AND "first generation ethanol" OR "second generation ethanol" AND "hydrothermal pretreatment" AND "lignocellulosic residues" AND "sugarcane bagasse" OR "sugarcane straw" AND "ethanol".

2.3. ANÁLISE DE DADOS

Na etapa de análise de dados foram utilizados os *software's* RStudio e o Biliometrix. O RStudio é responsável por remover os artigos duplicados nas duas bases de dados escolhidas, bem como possui uma linguagem R capaz de categorizar e organizar os dados obtidos. Já o Bibliometrix consiste em uma ferramenta de código aberto frequentemente aplicada em pesquisas voltadas a bibliometria e cientometria (Kemeç; Altinay, 2023). Logo, foram identificados 370 artigos, sendo 243 provenientes da *Web of Science* e 127 da *Scopus*. A análise no *software* RStudio identificou a presença de 2 artigos duplicados, totalizando um portfólio bibliográfico com 368 publicações.

O processo de análise no *software* Bibliometrix contemplou a delimitação de filtros para a inclusão de artigos pertinentes ao tema produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração. Nesse sentido, as 368 publicações passaram por filtros para obtenção de artigos científicos e artigos de revisão, nos anos de 2021 a 2025, retratadas em inglês e português. Logo, esse processo resultou em 145 artigos alinhados a temática pesquisada. A visualização e interpretação dos dados foi realizada por meio de gráficos e tabelas contemplando a produção científica por ano, a produção científica em cada país, a relevância dos periódicos, os autores mais citados, as instituições mais atuantes e a ocorrência de palavras-chave utilizadas no desenvolvimento das pesquisas analisadas.

2.4. ANÁLISE DE CONTEÚDO

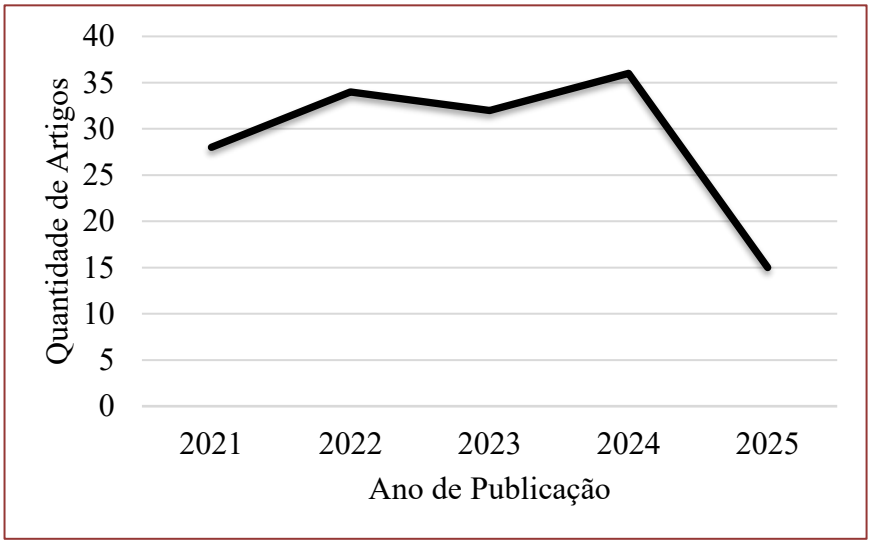
Para atingir os objetivos propostos neste artigo, a análise de conteúdo foi realizada para identificar aspectos relevantes da produção de etanol no Brasil, a partir de dados disponibilizados pela ANP - Agência Nacional do Petróleo. Logo, optou-se por delimitar a coleta de dados em um aspecto temporal diferente daquele adotado na análise bibliométrica. Em virtude da abrangência da temática e da melhor conformação dos dados obtidos na plataforma, foram escolhidos os anos de 2020 a 2023. A escolha é justificada em razão das premissas citadas por Sátyro e D'Albuquerque (2020) ao destacar a importância de abordagens integrativas e críticas na compreensão de fenômenos complexos, bem como a propagação de conhecimentos teóricos e práticos que permeiam o tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Pesquisas fundamentadas no âmbito tecnológico descrevem uma série de documentos de cunho científico que retratam a utilização da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para a produção do etanol de segunda geração, complementando a produção do etanol convencional. Nesse cenário, o primeiro fundamento a ser observado na análise bibliométrica refere-se ao aspecto temporal das publicações que compõem o portfólio de artigos do presente estudo, ilustrado na Figura 1. Logo, o ano de 2024 apresentou o maior número de artigos com 36 publicações, fator que representa 24,82% em relação ao total de materiais analisados. Essa premissa pode ser justificada de acordo com as iniciativas voltadas ao desenvolvimento de biocombustíveis, como a Lei do Combustível do Futuro (n°14.993/2024), responsável por aumentar a mistura de etanol e biodiesel adicionadas à gasolina e ao diesel comum (Brasil, 2024). Por outro lado, o ano de 2025 indicou o menor índice de publicações, considerando que o período ainda segue em andamento.

Figura 1. Produção Científica entre os anos de 2021 e 2025 sobre etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na Tabela 1 estão ilustrados os 10 principais periódicos de maior relevância que abordam a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração. Salomão e Santos (2025) fazem ressalva a utilização do fator de impacto como métrica para avaliação científica, destacando sua capacidade em fornecer uma visão abrangente do impacto do periódico na comunidade científica global. Os periódicos Bioenergy Research e Industrial Crops and Products destacaram-se com 9 publicações, apresentando os respectivos fatores de impacto 3.3 e 6.2. Essas fontes são responsáveis por publicações nas áreas de biomassa, bioenergia, bioquímicos e biomateriais. Já os periódicos Bioresource Technology Reports e Biofuels Bioproducts \& Biorefining-biofpr apresentaram apenas 3 publicações, seguindo com fatores de impacto em 2.9 e 4.3, respectivamente. Vale destacar que as

demais fontes que integram o portfólio bibliográfico de 145 artigos indicaram valores inferiores a 3 publicações.

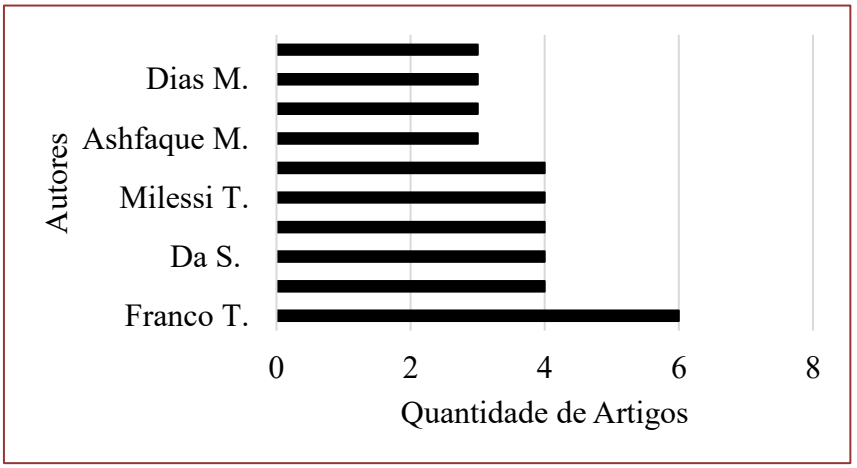
Tabela 1. Relevância dos 10 principais periódicos e seus respectivos fatores de impacto referente a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração

Periódicos	Artigos	Fator de Impacto
Bioenergy Research	9	3.3
Industrial Crops and Products	9	6.2
Biomass Conversion and Biorefinery	6	4.1
Bioresource Technology	6	9.0
Energies	6	3.2
Biomass \& Bioenergy	5	5.8
Renewable \& Sustainable Energy Reviews	4	16.3
Waste and Biomass Valorization	4	2.8
Biofuels Bioproducts \& Biorefining-biofpr	3	2.9
Bioresource Technology Reports	3	4.3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A etapa seguinte na análise bibliométrica compreende a identificação dos autores por quantidade de artigos publicados, considerando a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração. Assim, o autor Franco T. aparece descrito na Figura 2 com 6 publicações, seguido por Cherubin M., Da S., Giordano R., Milessi T e Santos J. com 4 artigos cada autor. Entretanto, o autor Santos J. ganha predominância com o trabalho “Avanços recentes na produção de xilitol em biorrefinarias a partir de biomassa lignocelulósica: um estudo de revisão” compõe a lista de publicações mais citadas sobre o tema do presente artigo.

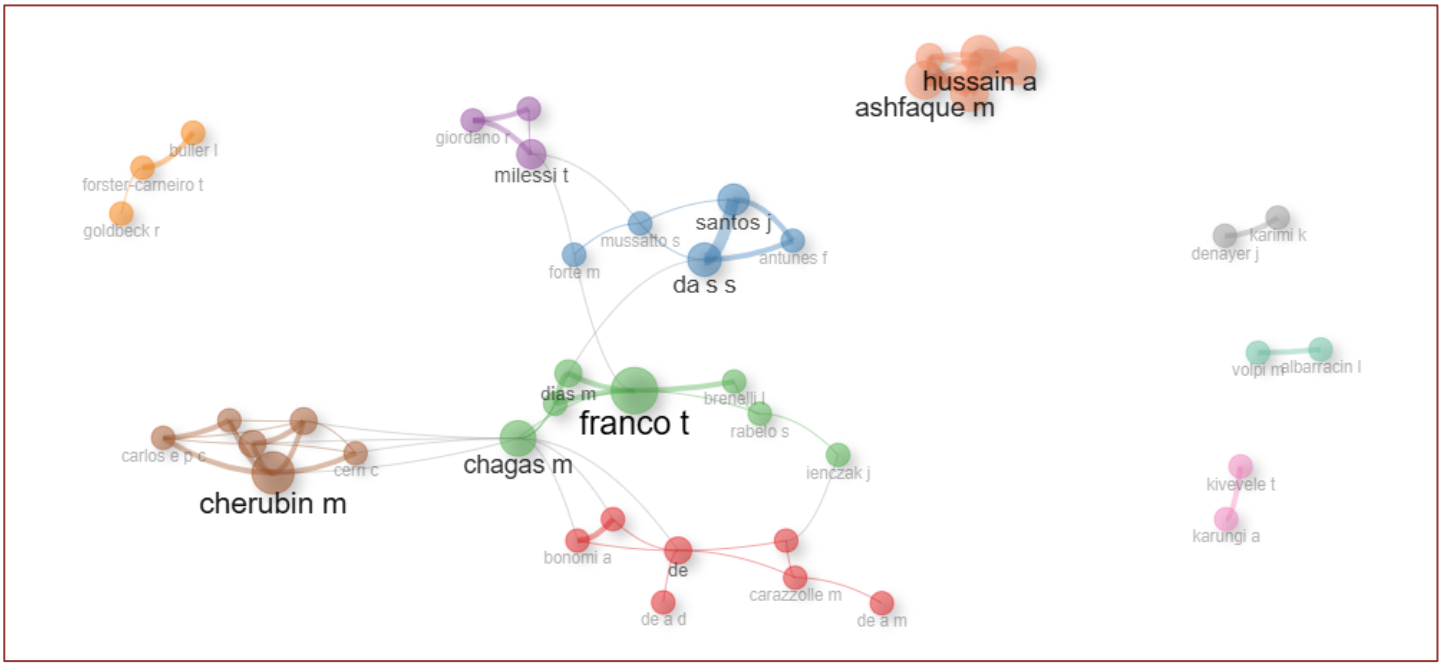
Figura 2. Identificação dos 10 principais autores por quantidade de artigos abordando o tema da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise de correlação existente entre os autores, ilustrada na Figura 3, descreve a presença de 10 *clusters* responsáveis pelas colaborações científicas presentes no portfólio bibliográfico de 145 artigos. Assim, os grupos em vermelho, verde, marrom, azul e roxo apresentaram relação de coautoria expressa pelos links que os conectam, indicando que esses autores contribuíram entre si na publicação de artigos científicos. Vale inferir que os grupos em cinza, laranja, ciano e rosa trabalham de forma independente, desenvolvendo suas pesquisas sobre o tema produção de etanol convencional e pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração.

Figura 3. Análise de correlação existente entre os autores presentes no portfólio bibliográfico em estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na Tabela 2 estão descritas as 10 filiações mais relevantes presentes no portfólio bibliográfico analisado. Nesse sentido, destacaram-se a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com 33 e 30 artigos publicados, respectivamente. A Universidade de São Paulo corresponde a uma das instituições públicas mais importantes do Brasil que atua em todas as áreas do conhecimento com alta qualidade acadêmica. Já a Universidade Estadual de Campinas é comumente conhecida pelo desenvolvimento de pesquisas nas áreas de medicina, artes, ciências exatas e suas tecnologias.

Tabela 2. Filiações mais relevantes no estudo da produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração

Filiações	Artigos
Univ. São Paulo	33
Univ. Estadual Campinas	30
Univ. Federal do Rio Grande do Norte	4
São Paulo State Univ. Unesp	10
Brazilian ctr res Energy and Mat Cnpem	8
Fed. Univ. abc	5
Federal University of São Carlos	5
Integral University	5
Univ. Estadual Campinas Unicamp	5
Univ. Fed. Paraíba	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Um dos aspectos abordados na análise bibliométrica trata-se da identificação dos países que mais concentram pesquisas voltadas ao tema proposto, conforme ilustrado na Tabela 3. Nesse contexto, os países que mais ganharam destaque foram Brasil (214 artigos), Índia (25 artigos) e China (22 artigos). Esse aspecto pode ser justificado segundo o potencial desses países na produção de cana-de-açúcar, sendo o Brasil o maior produtor mundial dessa planta. Entretanto, países como Portugal e Bélgica apresentaram valores reduzidos, com 6 e 5 publicações, respectivamente. A produção de cana-de-açúcar em Portugal é direcionada as áreas de Calheta e Ponta do Sol, regiões conhecidas pela produção de rum. Referente a Bélgica, é possível inferir que o tema desponta de forma limitada, relacionando-se principalmente com a utilização de outras biomassas sucroalcooleiras e de detritos provenientes do processamento da beterraba.

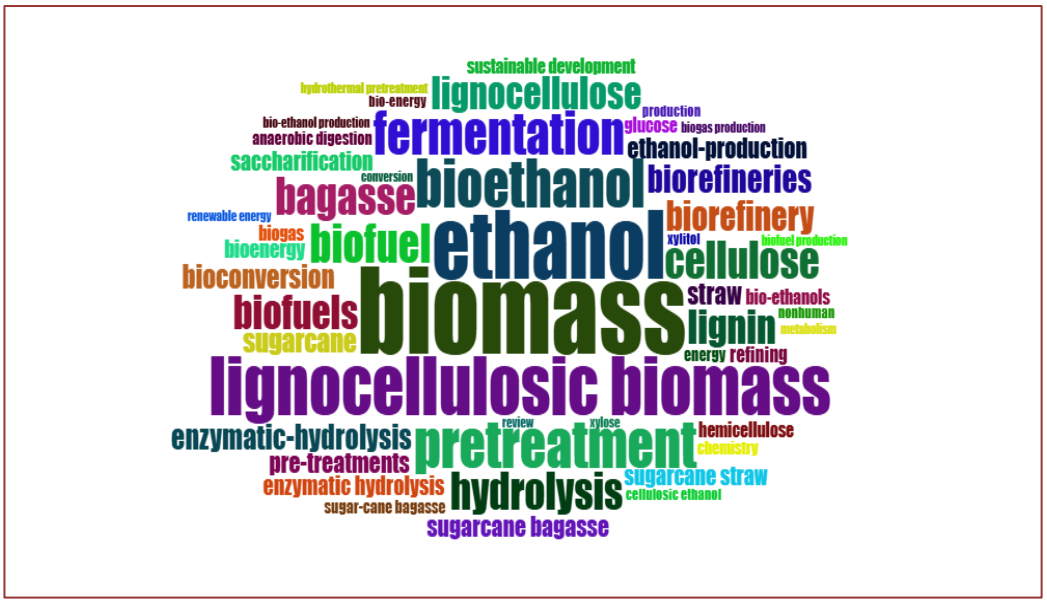
Tabela 3. Quantidade de publicações por países que mais concentram pesquisas com foco na produção de etanol convencional e no pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração

Países	Artigos
Brasil	214
Índia	25
China	22
Estados Unidos	10
Dinamarca	8
Tailândia	7
Reino Unido	7
Polônia	6

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A nuvem de palavras, ilustrada na Figura 4, indica os termos mais utilizados nos 145 artigos que compõem o portfólio bibliográfico, os quais retratam a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico da palha e do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração. Observa-se que as palavras *bioetanol, biofuel, biomass, lignocellulosic biomass, pretreatment* e *hydrolysis* são mostradas com maior destaque, fator associado à sua frequência de ocorrência nos textos analisados.

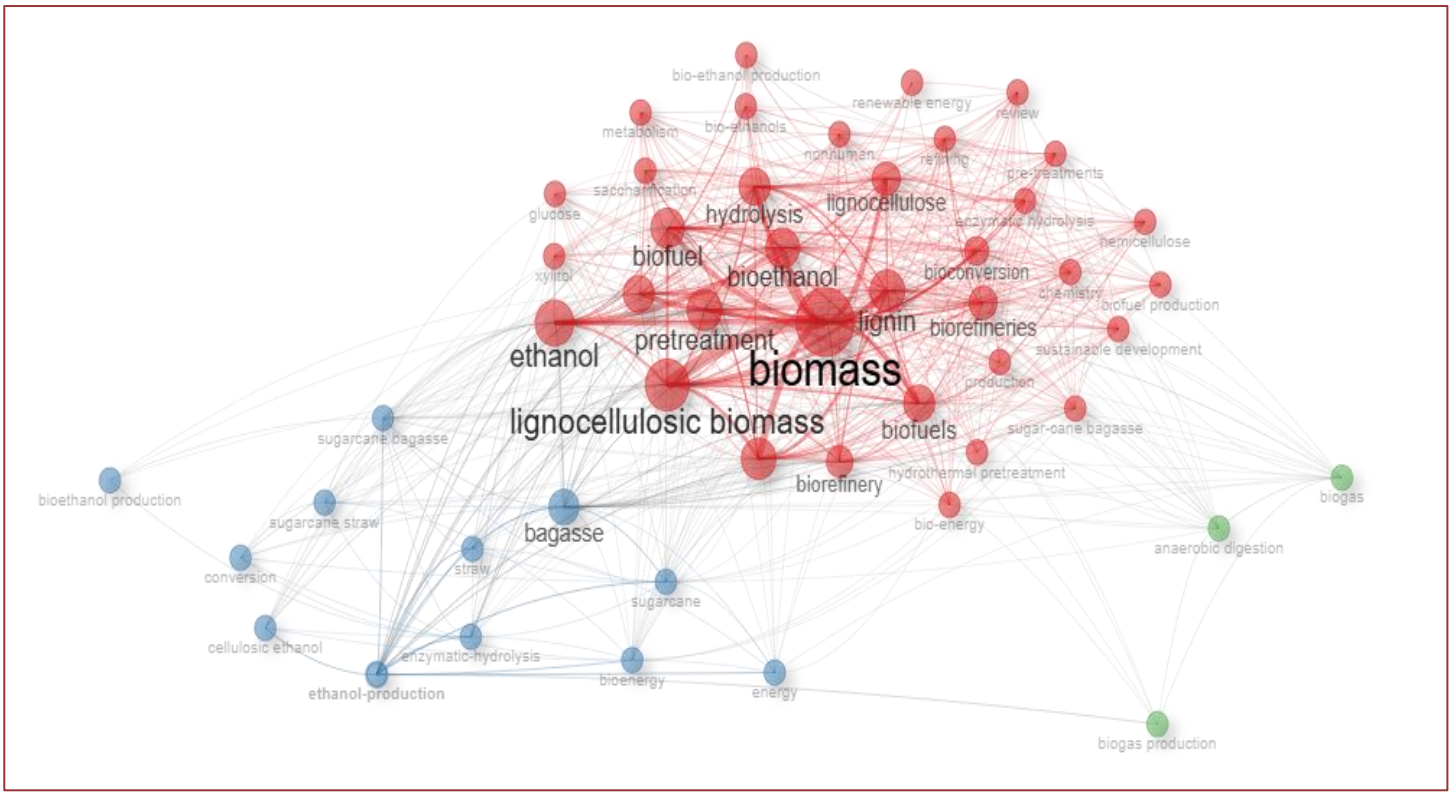
Figura 4. Nuvem de palavras-chave do portfólio bibliográfico em estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 5 ilustra simultaneamente a correlação existente entre esses termos, apontada pelos *clusters* em azul e vermelho. A palavras-chave presentes no grupo vermelho estão dispostas de forma aproximada, em virtude do seu uso frequente em estudos voltados ao tema do presente artigo.

Figura 5. Análise de coocorrência de palavras-chave para identificação dos clusters com os itens mais citados nos estudos analisados



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.2. ANÁLISE DE CONTEÚDO

3.2.1. PRODUÇÃO DE ETANOL CONVENCIONAL

A cana-de-açúcar caracteriza-se como uma das commodities mais promissoras do âmbito agroindustrial brasileiro. Nesse sentido, o Brasil ganha destaque em função da sua elevada produção, tendo em vista que a safra 2023/2024 apresentou um aumento de 16% em relação aos períodos anteriores, totalizando 713,2 milhões de toneladas processadas (Conab, 2024). Logo, esse quantitativo também é expresso em termos dos produtos ofertados pelo setor, como o etanol que totalizou 35,61 milhões de litros produzidos no mesmo período.

O etanol é comumente utilizado como aditivo à gasolina em virtude das políticas estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), sendo atualmente 27,5% o percentual máximo atrelado à mistura e 18% o mínimo. Nesse contexto, a Tabela 4 ilustra a produção de etanol anidro e hidratado segundo as regiões da Federação nos anos de 2020 a 2023. Assim, observa-se que a Região Sudeste apresentou o maior índice de produção, totalizando 17.149,70 mil m^3 no ano de 2023. Coelho e Bragagnolo (2021) ressaltam que essa premissa é oriunda dos elevados níveis de produção atribuídos às regiões de Minas Gerais e São Paulo, considerando a alta produção de etanol nessas localidades em relação a outros estados durante o período 2020/2023. A grande parte da produção de etanol na Região Norte é proveniente do estado do Tocantins, correspondendo a 60% do total produzido na região, seguido do Pará e do Amazonas (Abreu; Nascimento; Gomes, 2020).

Tabela 4. Produção de etanol anidro e hidratado, segundo grandes regiões e unidades da Federação - 2020/2023

Grandes regiões e unidades da Federação	Produção de etanol anidro e hidratado (mil m3)			
	2020	2021	2022	2023
Brasil	32.522,23	30.028,07	30.637,10	35.380,25
Região Norte	233,92	256,38	268,25	253,65
Região Nordeste	1.918,61	1.842,16	1.749,48	2.077,89
Região Sudeste	17.786,57	15.184,14	15.020,31	17.149,70
Região Sul	1.263,96	1.193,62	1.087,56	1.231,24
Região Centro-Oeste	11.319,18	11.551,77	12.511,52	14.667,77

Fonte:ANP/SBQ (2023).

O etanol corresponde a um combustível de fórmula molecular C_2H_6O, sendo caracterizado como um líquido incolor e inflamável usualmente encontrado em motores a combustão. Esse produto é obtido através da fermentação de açúcares que passarão pelo processo de destilação promovendo a separação dos componentes através da diferença de volatilidade. Além disso, é considerável o papel renovável e significativo desse biocombustível, visto que conforme os dados estabelecidos pela UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar o consumo de etanol, anidro e hidratado, evitou a emissão de mais de 515 milhões de toneladas de CO_2 na atmosfera (Santos *et al.*, 2021; UNICA, 2020).

A Tabela 5 ilustra as emissões de CBio's por biocombustível entre os anos de 2020 a 2023. Esses dados expressam de forma significativa o potencial do etanol nesse âmbito, bem como reforçam a sua crescente utilização. Essa premissa é confirmada através dos aspectos citados por Caffagni (2022) ao constatar que quanto maior for o índice de aplicação do biocombustível, menos combustível fóssil será queimado e mais descarbonizada será a matriz energética. Silva, Silva e Ferrari (2022) acrescentam que 1 tonelada de CO_2 não emitida equivale a 1 CBIO. Esses créditos são comercializados na B3 por produtores de biocombustíveis e podem ser comprados por empresas de combustíveis fósseis para compensação das emissões de CO_2 buscando atingir as metas de descarbonização. Assim, o etanol é evidenciado com 29.076.667 CBio's emitidos no ano de 2023, destacando também os anos de 2021 e 2022 que apresentaram 26.265.108 e 26.803.911 CBio's, respectivamente.

Tabela 5. Emissões de CBio's por biocombustível 2020/2023

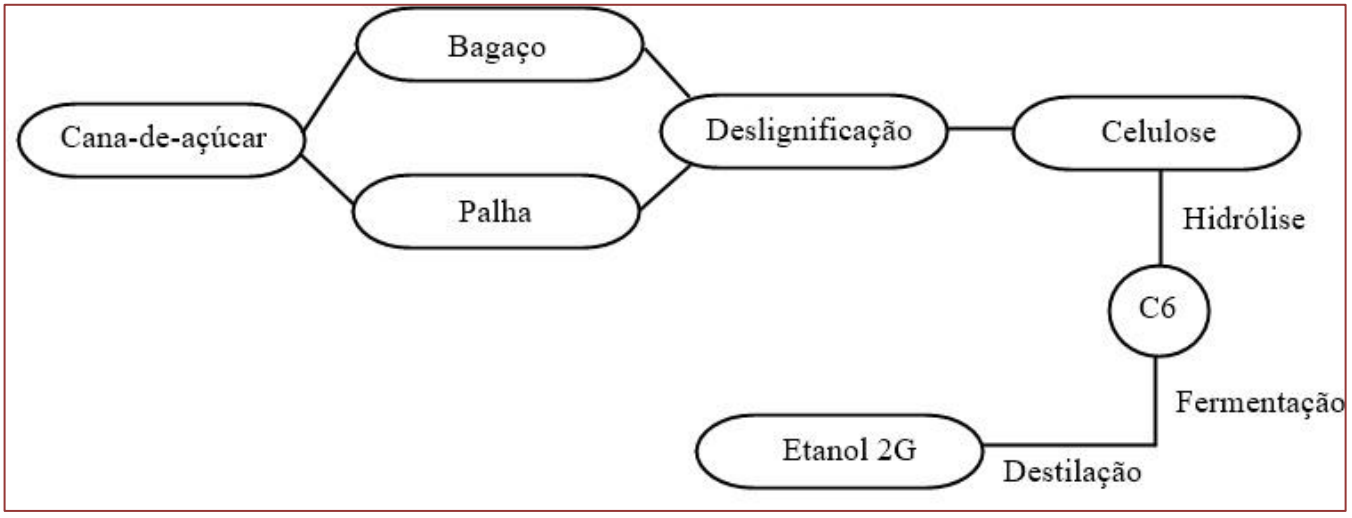
Ano	Biodiesel	Biometano	Etanol	Total
2020	2.832.529	48.729	15.829.951	18.711.209
2021	4.409.477	96.616	26.265.108	30.771.201
2022	4.493.392	140.889	26.803.911	31.438.192
2023	5.236.730	202.299	29.076.667	34.515.696

Fonte:ANP/SBQ (2023).

3.2.2. PRODUÇÃO DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO

Conforme elencado anteriormente, o etanol pode ser obtido através de processos convencionais como fermentação e destilação. Entretanto, Bertholdo e Suhett (2024) ressaltam a obtenção desse produto a partir de biomassas provenientes da agroindústria, por meio da solubilização dos carboidratos presentes nesses constituintes. Assim, a aplicação de biomassas lignocelulósicas, como a palha e o bagaço de cana-de-açúcar, para a produção de etanol pode ser usada para complementar a produção do etanol convencional. Esse processo é descrito na Figura 6 que compreende a deslignificação, hidrólise, fermentação e destilação. Diante do exposto, em razão da forte interação entre os constituintes da palha e do bagaço de cana-de-açúcar (celulose, hemicelulose e lignina), o pré-tratamento ou deslignificação desses resíduos consiste na etapa principal do processo para reduzir sua cristalinidade e melhorar o acesso à celulose (Pedrazzi *et al.*, 2019). Assim, a literatura evidencia diversos tipos de pré-tratamento incluindo os químicos, físicos, biológicos e a combinação deles sobre o mesmo material.

Figura 6. Fluxograma do processo para a produção de etanol de segunda geração



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Barbosa *et al.* (2020) aplicaram o pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com explosão a vapor para a produção de etanol. Os autores destacaram que as frações de celulose e hemicelulose presentes no material diminuíram após a etapa de pré-tratamento, ocorrendo a produção de compostos inibitórios como hidroximetilfurfural, furfural, ácido acético e ácido fórmico. Referente a outras metodologias de pré-tratamento, Pinheiro (2022) reforça a desvantagem de aplicação do pré-tratamento ácido ao propor que esse mecanismo é responsável pela degradação dos constituintes da biomassa em compostos derivados de furano.

O pré-tratamento hidrotérmico destaca-se em relação aos demais por promover o fracionamento da biomassa lignocelulósica de forma mais limpa, a menor produção de produtos de degradação, redução de custos, não utilização de reagentes químicos. Esse método promove a aplicação de altas pressões e temperaturas para causar o rompimento das ligações lignina-carboidrato, além da solubilização do complexo hemicelulose-lignina

causada pela liberação de íons hidrônio e hidróxido no meio, para reorganizar parte da lignina na parede celular (Sun *et al.*, 2022).

Batista *et al.* (2019) fazem ressalva a influência do fator severidade no pré-tratamento hidrotérmico constatando que baixos valores de severidade, menores que 3,39, não promovem alterações estruturais no complexo lignocelulósico da biomassa empregada. Os autores utilizaram as condições de tratamento em 195 °C e 10 min. indicando uma baixa perda de celulose (9,80%) e uma boa solubilização de hemicelulose no meio (85,45%). Esses índices operacionais de pré-tratamento assemelham-se aos abordados por Pratto *et al.* (2020) que utilizou a palha de cana-de-açúcar tratada como substrato para os experimentos de sacarificação e fermentação simultâneas, visto que condições hidrotermais são promissoras na desconstrução do complexo lignocelulósico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a produção de etanol convencional e o pré-tratamento hidrotérmico do bagaço e da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração. Assim, os objetivos estabelecidos para a análise bibliométrica foram alcançados mediante a identificação da atuação de países como Brasil, Índia e China que se destacaram na produção de materiais abordando a temática. Além disso, o quantitativo de artigos produzidos pela Universidade de São Paulo e pela Universidade Estadual de Campinas reforçam a atuação do Brasil no desenvolvimento de pesquisas voltadas ao tema.

A análise de conteúdo realizada na plataforma disponibilizada pela ANP, a partir dos relatórios de produção de etanol referentes ao período de 2020 a 2023, possibilitou compreender aspectos relevantes da produção de etanol convencional, bem como as rotas de pré-tratamento para produção do etanol celulósico. Os resultados encontrados mostraram que a maior produção de etanol é proveniente da Região Sudeste destacando os estados de Minas Gerais e São Paulo. Dentre os biocombustíveis como o biometano e o biodiesel, o etanol ganha destaque na emissão de CBio's em virtude das perspectivas ambientais que auxiliam a redução das emissões de poluentes para a atmosfera. A etapa de pré-tratamento é fundamental para a produção do etanol celulósico, ressaltando o pré-tratamento hidrotérmico por apresentar vantagens como o fracionamento do complexo celulose, hemicelulose e lignina de forma mais limpa, a menor produção de produtos de degradação e não utilização de reagentes químicos.

O estudo do pré-tratamento hidrotérmico do bagaço e da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol possui considerada justificativa por alinhar-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Logo, contribui diretamente para o ODS 7, promovendo a energia limpa e acessível, e o ODS 12, ao incentivar a produção e o consumo sustentáveis. Além disso, atrela-se aos princípios estabelecidos pela Química Verde ao promover a utilização de subprodutos agrícolas como matéria-prima para a produção de etanol de segunda geração.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, Y. V.; NASCIMENTO, H. R.; GOMES, M. C. G. Produção de cana-de-açúcar e etanol: estudo de caso Tocantins. **Agronomia: Jornadas Científicas-Volume 2**. Editora Científica Digital, 2020. p. 182-188.

[2] ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023. Disponível em:

https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2023. Acesso em: 01 de nov. 2024.

[3] BARBOSA, K. L. *et al.* Pré-tratamento de explosão a vapor, caracterização química e morfológica do bagaço da cana-de-açúcar usado para produção de Etanol 2G. **Revista virtual de química**, v. 12, 2020.

[4] BATISTA, G. *et al.* Effect of severity factor on the hydrothermal pretreatment of sugarcane straw. **Bioresource Technology**, v. 275, p. 321-327, 2019. Disponível em: doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.073. Acesso em: 23 jan. 2025.

[5] BERTHOLDO, I.; SUHETT, A. L. Uso de modelos animais com alto potencial de degradação de biomassa lignocelulósica para produção de etanol de segunda geração. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 12, 2024.

[6] BRASIL. Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

[7] CAFFAGNI, L. C. CBIO, o ativo financeiro ambiental nacional dos biocombustíveis. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 1, p. 36-39, 2022.

[8] CARVALHO, N.; BARROS, J.; SILVA, D.; NAKASHIMA, G.; YAMAJI, F. Caracterização física e química de biomassa usada como combustível sólido em uma caldeira. **Química Nova**, v.44, n. 1, p.35-40, 2021.

[9] CENCI, C. P. *et al.* Separação e valoração das frações de celulose e hemicelulose proveniente da biomassa de capim elefante (*pennisetum purpureum*). **Jornada de iniciação científica e tecnológica**, 2023.

[10] CHITUMBA, H. O. *et al*. Caracterização da produção científica angolana indexada nas bases de dados Web of Science e Scopus. **Transinformação**, v. 36, p. e248502, 2024.

[11] CHO, E. J, *et al.* Bioconversion of biomass waster into high value chemicals. **Bioresource Technology**, v.298, 2020.

[12] COELHO, L. F.; BRAGAGNOLO, C. Eficiência técnica na produção de etanol: uma análise para São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. **Textos de Economia**, v. 24, n. 2, p. 01-26, 2021.

[13] CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção de cana-de-açúcar na safra 2023/24 chega a 713,2 milhões de toneladas, a maior da série histórica, abril 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5489-producao-de-cana-de-acucar-na-safra-2023-24-chega-a-713-2-milhoes-de-toneladas-a-maior-da-serie-historica. Acesso em: 01 nov. 2024.

[14] EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz energética e elétrica, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica. Acesso em: 01 de nov. 2024.

[15] GABRIEL, L. C. Geração termoelétrica no Brasil a partir da biomassa da cana-de-açúcar. **Revista do Clube Naval**, v. 1, n. 397, p. 14-19, 2021.

[16] HE, B. *et al*. Bibliometric analysis on hotspots and trends of cell immobilization technology in bioethanol production (1994-2024). **Journal of Cleaner Production**, p. 145163, 2025.

[17] HO, M. C.; ONG, V. Z.; WU, T. Y. Potential use of alkaline hydrogen peroxide in lignocellulosic biomass pretreatment and valorization–A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 112, p. 75-86, 2019.

[18] KEMEÇ, A.; ALTINAY, A. T. Sustainable energy research trend: A bibliometric analysis using VOSviewer, RStudio bibliometrix, and CiteSpace software tools. **Sustainability**, v. 15, n. 4, p. 3618, 2023.

[19] LARSEN FILHO, L. *et al.* Panorama do setor sucroalcooleiro brasileiro: da produção ao processamento dos resíduos associados a cadeia de cana-de-açúcar. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 6, p. e5076-e5076, 2024.

[20] LINHARES, J. E. *et al.* Capacidade para o trabalho e envelhecimento funcional: análise sistêmica da literatura utilizando o proknow-c (knowledge development process constructivist). Ciência & Saúde Coletiva, Paraná, v. 24, n. 1, p. 53-66, jan. 2019.

[21] LOPES, A. M. D; MARQUES, L. V. B. Proteção indireta do direito ao meio ambiente na jurisprudência das cortes europeia e interamericana de direitos humanos. **Revista Brasileira de Direito Animal, Salvador**, v. 14, n. 1, p. 56-75, 2019.

[22] MANICARDI, T. *et al*. Xylooligosaccharides: A bibliometric analysis and current advances of this bioactive food chemical as a potential product in biorefineries' portfolios. **Foods**, v. 12, n. 16, p. 3007, 2023.

[23] PRATTO, B. *et al.* Experimental optimization and techno-economic analysis of bioethanol production by simultaneous saccharification and fermentation process using sugarcane straw. **Bioresource Technology**, v. 297, p. 122494, 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122494. Acesso em: 06 jun. 2024.

[24] PEDRAZZI, C. *et al.* Química da madeira. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais. Coleção de Ciências Rurais, n. 27, p. 1984-6118, 2019.

[25] PINHEIRO, L. U. Análise de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica para produção de biogás utilizando hidrólise ácida e básica. Vila Velha: Instituto Federal do Espírito Santos, 2022.

[26] SALOMÃO, P. E. A.; SANTOS, A. T. O. Evolução e desafios na avaliação científica: da classificação de periódicos à qualidade intrínseca dos artigos. **Revista Multidisciplinar Do Nordeste Mineiro**, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2025.

[27] SANTOS, M. C. *et al.* Principais tecnologias para produção de etanol anidro no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 13, p. 1228-1240, 2021.

[28] SÁTYRO, N. G. D.; D'ALBUQUERQUE, R. W. O que é um Estudo de Caso e quais as suas potencialidades. **Sociedade e Cultura**, v. 23, 2020.

[29] SILVA, J. L. C. T.; SILVA, J. C. T.; FERRARI, S. C. Projeção dos Preços do Crédito de Descarbonização (Cbio) do Programa Renovabio. **RETEC-Revista de Tecnologias**, v. 15, n. 1, p. 74-84, 2022.

[30] SUN, D. *et al.* Effects of hydrothermal pretreatment on the dissolution and structural evolution of hemicelluloses and lignin: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 281, p. 119050, 2022.

[31] TEODORO, N. R.; OLIVEIRA, G. S. Análise de Conteúdo: um método de qualitativo. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, v. 46, n. 1, p. 55-62, 2024.

[32] UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Uso do etanol evita 515 milhões de toneladas de CO2, junho 2020. Disponível em: https://unica.com.br/noticias/uso-do-etanol-evita-515-milhoes-de-toneladas-de-co2-na-atmosfera/. Acesso em: 01 nov. 2024.

Capítulo 6

Avanços recentes da eletrocoagulação: inovações tecnológicas

Ana Carolina Ferreira Antonini
Letícia Andreola Velasques
Alcione Aparecida de Almeida Alves
Aline Raquel Müller Tones

Resumo: A eletrocoagulação (EC) é uma tecnologia eletroquímica promissora para o tratamento de efluentes, que vem ganhando destaque devido à sua eficácia na remoção de poluentes como DQO, cor, turbidez, sólidos suspensos, metais pesados e nutrientes. Este trabalho apresenta uma revisão dos avanços na aplicação da EC nos últimos dez anos, com ênfase nas configurações de reatores e na integração com outras tecnologias, como filtração em areia e adsorção em carvão ativado. Foram discutidos diferentes arranjos de reatores, como os tipos batelada, contínuo, filtro-prensa, airlift e UASB integrado à EC e adsorção, destacando suas aplicações específicas, vantagens e limitações. A revisão bibliográfica foi conduzida por meio de buscas sistematizadas em bases acadêmicas como scielo, google acadêmico, science direct entre os anos de 2015 e 2025. Os resultados evidenciam que a escolha adequada da configuração reacional e dos parâmetros operacionais é essencial para maximizar a eficiência da EC. Além disso, a integração da eletrocoagulação com outros processos potencializa a qualidade do efluente tratado, viabilizando seu reúso em aplicações urbanas, agrícolas, industriais, recreativas e ambientais, em conformidade com as normativas nacionais e internacionais. O estudo reforça a importância de sistemas híbridos e modulares como tendência para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficazes no tratamento de efluentes complexos.

Palavras chaves: Reúso de água, Tratamento de efluentes, Reatores eletroquímicos, DQO.

1. INTRODUÇÃO

A eletrocoagulação (EC) é uma tecnologia eletroquímica emergente no tratamento de efluentes, que utiliza a aplicação de corrente elétrica para dissolver eletrodos metálicos, formando agentes coagulantes in situ, como o hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$). Esse processo resulta na formação de flocos que facilitam a remoção de contaminantes presentes na água ou efluentes industriais. Na atualidade, a EC é aplicada com sucesso no tratamento de diversos tipos de efluentes, incluindo águas residuais domésticas, industriais, cosméticos e de abatedouros (Grecco, 2022).

Estudos demonstram sua eficácia na remoção de parâmetros como Demanda Química de Oxigênio (DQO), cor, turbidez e sólidos suspensos, além de ser uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes com alta carga orgânica (Ferreira 2018; Goerck, 2021; Orssatto, 2018; Silva, 2017). Contudo, o desempenho do processo de EC está internamente ligado ao design do reator eletroquímico. Fatores como a configuração dos eletrodos, a densidade de corrente aplicada, o tempo de eletrólise, o pH da solução e a condutividade elétrica influenciam diretamente na eficiência do tratamento (Oliveira, 2022).

O desgaste dos eletrodos metálicos, que reduz a vida útil do sistema e aumenta os custos de manutenção, e a geração de lodo metálico, que exige tratamento e descarte adequados, elevam os custos operacionais e ambientais. Além disso, o consumo energético é alto, especialmente com densidades de corrente elevadas para melhorar a eficiência. Estudos indicam que a eficiência depende da otimização do reator eletroquímico, sendo necessária inovação no design dos eletrodos para melhor distribuição da corrente, redução do consumo energético e maior durabilidade (Souza, 2021).

2. METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem de revisão bibliográfica sistematizada, com o objetivo de analisar publicações científicas produzidas nos últimos 10 anos. A busca por publicações foi realizada em bases de dados acadêmicas, como Scielo, Google Acadêmico e Sciencedirect.

A seleção dos artigos foi delimitada pelo período compreendido entre 2015 e 2025, priorizando produções que abordassem diretamente aspectos técnicos, operacionais ou inovadores da eletrocoagulação.

Ao final do processo, foram selecionados 20 artigos científicos que atenderam aos critérios de inclusão definidos, representando um panorama atualizado sobre as inovações tecnológicas relacionadas à eletrocoagulação em diferentes contextos de aplicação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos primeiros registros do uso dessa técnica de EC ocorreu em 1909, quando J. T. Harries demonstrou a formação de hidróxidos de ferro e alumínio por meio da oxidação de ânodos de sacrifício, como ferro e alumínio, permitindo a coagulação e flotação de materiais suspensos e coloidais. No entanto, a aplicação em larga escala da eletrocoagulação para o tratamento de água potável teve início em 1946. A partir da década de 1980, a técnica passou a ganhar destaque no tratamento de águas contaminadas (Grecco, 2022).

A eletrocoagulação tem se mostrado eficaz em diferentes aplicações, como no tratamento de efluentes industriais, como os provenientes de abatedouros de aves (Módenes, 2017), lavanderias industriais, curtumes e indústrias têxteis, devido à sua capacidade de remover poluentes orgânicos e inorgânicos. No caso das águas residuárias, a eletrocoagulação apresenta alta eficiência na remoção de corantes, metais pesados, sólidos suspensos, compostos orgânicos complexos, bactérias e vírus, sendo considerada uma alternativa viável e sustentável para esse tipo de tratamento (Patel, 2025).

4. CONFIGURAÇÃO DE REATORES ELETROLÍTICOS

A tecnologia de eletrocoagulação baseia-se na eletrólise de eletrodos metálicos, geralmente de ferro ou alumínio, que ao se dissolverem anodicamente, liberam espécies coagulantes in situ. A vantagem desse método é a eliminação da necessidade de adição de reagentes químicos externos, o que reduz o volume de lodo gerado e os custos operacionais em comparação com processos físico-químicos convencionais (Grecco, 2022).

Estudos demonstram que o tempo de operação tem influência direta sobre a eficiência da remoção de substâncias ativas (SA), devido ao acúmulo progressivo de hidróxidos metálicos que facilitam a neutralização de cargas eletrostáticas e promovem a aglomeração de partículas. Resultados experimentais indicam que taxas de remoção superiores a 90% podem ser obtidas com tempos de retenção entre 20 e 40 minutos, dependendo do tipo de eletrodo e da densidade de corrente aplicada (Kobya, 2015; Bracher, 2019).

Além disso, o desempenho do sistema EC é altamente sensível ao pH, que influencia a forma e solubilidade dos coagulantes formados. Por exemplo, hidróxidos de alumínio tendem a ser mais eficazes em faixas de pH entre 5 e 7, enquanto os de ferro apresentam maior estabilidade em ambientes mais ácidos (Goerck, 2021; Ferreira ,2018).

Diversas configurações de reatores eletrolíticos vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas ao longo da última década, buscando-se maior eficiência, menor consumo energético e melhor adaptação às diferentes necessidades de tratamento de efluentes. Essas variações estruturais e operacionais têm como objetivo principal otimizar o desempenho do processo de eletrocoagulação, tornando-o mais eficaz, econômico e aplicável em escalas laboratorial, piloto e industrial. O Quadro 1, observa-se um resumo comparativo dos principais tipos de reatores utilizados na eletrocoagulação nos últimos 10 anos, destacando suas características, vantagens e limitações.

Quadro 1 - Resumo comparativo dos tipos de reatores eletrolíticos e fluxos utilizado na eletrocoagulação nos últimos 10 anos

Tipo de Reator	Descrição	Vantagens	Desvantagens ou limitações	Referência
Coagulação com Flotação (Eletroflotação)	Utiliza as microbolhas de hidrogênio e oxigênio geradas nos eletrodos como meio para promover a ascensão dos flocos à superfície do reator.	Este mecanismo é especialmente eficaz para a remoção de partículas leves, óleos, graxas e substâncias emulsificadas, com vantagens operacionais significativas frente à sedimentação convencional.	Uma das principais limitações é o alto consumo de energia elétrica, especialmente devido à geração contínua de microbolhas de hidrogênio e oxigênio nos eletrodos, o que pode tornar o processo menos viável economicamente em larga escala.	Ferreira (2018).
Airlift de loop externo	Utiliza o hidrogênio gerado no cátodo como gás de arraste para promover a recirculação do líquido. Esse arranjo permite operação contínua e reduz a necessidade de sistemas externos de agitação. Contudo, o dimensionamento adequado é essencial para evitar a desestabilização dos flocos por forças hidrodinâmicas excessivas. O posicionamento axial dos eletrodos e a altura da coluna de bolhas são variáveis críticas para alcançar boa eficiência.	Entre suas vantagens estão o menor consumo de energia, operação contínua e baixa manutenção	O sistema pode fragilizar os flocos formados, possui custo inicial mais elevado e pode ter limitações no tratamento de líquidos muito viscosos ou com excesso de sólidos.	Ammar (2018).
Batelada	O reator é preenchido com uma quantidade fixa de água ou efluente que precisa ser tratado. Em seguida, liga-se a fonte de energia elétrica que aciona os eletrodos do sistema, iniciando o processo de eletrocoagulaçã. Durante esse processo, os eletrodos liberam partículas metálicas que ajudam a aglomerar e separar as impurezas da água. O efluente permanece em tratamento por um tempo determinado, geralmente entre 20 e 40 minutos, dependendo das características da água e dos poluentes presentes.	Estudos aplicando EC em efluentes de matadouros suínos demonstraram eficiências de remoção de até 67,15% para nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e 99% para fósforo total, utilizando eletrodos de alumínio e variando o tempo de detenção hidráulica (TDH) e a diferença de potencial aplicada.	Principalmente relacionadas à produtividade, já que trata apenas um lote por vez, o que o torna pouco eficiente para volumes grandes de efluente. Além disso, exige maior demanda por mão de obra, pois cada ciclo precisa ser carregado, descarregado e monitorado manualmente	Módenes (2017).
Contínuos	Operam sob regime de fluxo constante, nos quais o efluente entra e sai simultaneamente, promovendo o tratamento em tempo real, é fundamental o controle do tempo de detenção hidráulica (TDH), da densidade de corrente e da taxa de fluxo para garantir a eficiência do processo	Essa configuração é vantajosa para instalações industriais de médio a grande porte, onde o volume de efluente gerado é elevado e o tratamento precisa ser contínuo e automatizado.	Por serem sistemas que operam de forma constante, exigem maior complexidade operacional, com controle rigoroso de variáveis como vazão, tempo de detenção hidráulica e densidade de corrente, o que pode aumentar os custos com operação e monitoramento. filtro	Rampanelli(2025).
Filtro-prensa	O reator filtro-prensa funciona substituindo os filtros tradicionais por placas metálicas que atuam como eletrodos. Quando a corrente elétrica é aplicada, os eletrodos liberam coagulantes que ajudam a aglomerar as impurezas presentes no efluente. Esses flocos são então separados mecanicamente pelas placas do filtro, que também funcionam como barreiras físicas. Esse sistema permite realizar ao mesmo tempo a eletrocoagulação e a separação dos sólidos, sendo eficiente e robusto, especialmente em aplicações industriais.	Se adapta um sistema industrial de filtração, substituindo os filtros por placas metálicas que funcionam como eletrodos. A principal vantagem é a facilidade de escalonamento e a robustez estrutural	No entanto, estudos apontam que, em altas densidades de corrente, a formação excessiva de bolhas de hidrogênio pode prejudicar a flotação e levar à ruptura dos flocos formados.	Silva (2023).

Quadro 1 - Resumo comparativo dos tipos de reatores eletrolíticos e fluxos utilizado na eletrocoagulação nos últimos 10 anos (continuação)

Tipo de Reator	Descrição	Vantagens	Desvantagens ou limitações	Referência
Eletrodos impressos de carbono modificados com nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT-SPEs)	Esse sistema pode operar de duas formas: por injeção em fluxo (FIA) ou por injeção em batelada (BIA). Em ambos os casos, a amostra é introduzida no sistema onde entra em contato com o eletrodo modificado, que está imerso em uma solução tampão (Britton-Robinson, pH 4,0).	O uso de eletrodos de carbono modificados com nanotubos de carbono apresenta alta sensibilidade, permitindo detectar baixas concentrações de ciprofloxacina, com limites de detecção de 0,06 e 0,07 µmol L^{-1} para os sistemas FIA e BIA, respectivamente. A análise é rápida, com frequências de 99 e 130 injeções por hora, e o sistema BIA se destaca pela portabilidade.	No entanto, o desempenho depende de parâmetros otimizados como pH, potencial e vazão, e os sensores podem ser sensíveis a interferências de outras substâncias. Além disso, os resultados variam entre os métodos, sendo o BIA mais preciso, o que pode exigir escolha cuidadosa conforme a aplicação.	Stefano (2016).
Filtro-Prensa em Regime Contínuo	Esse tipo de reator é composto por placas condutoras (eletrodos) entre as quais passa a solução contaminada. Quando uma corrente elétrica é aplicada, os eletrodos (geralmente de ferro ou alumínio) liberam íons metálicos que se combinam com os poluentes, formando flocos (coagulação). Ao mesmo tempo, a eletrólise da água gera bolhas de gás (oxigênio e hidrogênio), que ajudam a flotar os flocos contendo os poluentes para a superfície (flotação), de onde podem ser removidos.	Trata-se de uma técnica relativamente simples, prática e de baixo custo, que pode ser aplicada em estações de tratamento de esgoto sem a necessidade de reagentes químicos caros. Outro ponto favorável é o fato de que, mesmo sem a aplicação de corrente elétrica, a configuração do reator já contribui para a retenção das micropartículas, o que sugere um desempenho físico eficiente na separação dos contaminantes.	A eficiência do processo depende de variáveis como o tamanho das partículas, o volume da solução e a intensidade da corrente elétrica, o que exige uma otimização cuidadosa dos parâmetros operacionais. Além disso, o estudo foi realizado com soluções preparadas em laboratório, e não com efluentes reais, o que pode limitar a generalização dos resultados.	Costa (2022).

5. APLICAÇÕES REAIS E INTEGRAÇÃO COM OUTROS PROCESSOS

A busca por soluções mais eficazes e sustentáveis para o tratamento de efluentes tem impulsionado o desenvolvimento de configurações híbridas, nas quais a eletrocoagulação abreu(EC) é combinada a outras tecnologias, como processos de oxidação avançada (AOP), membranas e adsorção. Essas integrações visam superar limitações operacionais da EC isolada e ampliar sua aplicabilidade a diferentes tipos de efluentes. O Quadro 2 apresenta um resumo das principais combinações tecnológicas envolvendo a EC, destacando suas aplicações, vantagens e referências relevantes.

Quadro 2 - Integração tecnológica da eletrocoagulação

Integração tecnológica	Descrição	Vantagens	Referências
Eletrocoagulação + Processos de Oxidação Avançada (POA)	A principal inovação do processo está na combinação dos parâmetros operacionais, que incluem: concentração de eletrólito (0 g/L e 4 g/L), aplicação de voltagens de 20 V e 30 V, tempo de operação de 120 minutos e a presença ou ausência de agitação. A atuação do reator se baseia na oxidação eletroquímica de compostos orgânicos estáveis, com os eletrodos liberando íons metálicos e promovendo reações que desestabilizam e removem os poluentes da solução.	Esse processo é eficiente na remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e turbidez, com vantagens como baixo uso de reagentes químicos, rápida formação e sedimentação de flocos e menor produção de lodo. A eficiência do tratamento é influenciada por parâmetros como densidade de corrente, tipo de eletrólito, condutividade da solução e agitação do meio.	Abreu (2018).
Eletrocoagulação + Processos de Membranas	O método utilizou cinco eletrobiorreatores de bancada, cada um com 1,0 L de volume, equipados com eletrodos de alumínio perfurado (ânodo) e tela fina de aço inoxidável (cátodo), espaçados por 5 cm. O fornecimento de oxigênio e a mistura completa foram garantidos por difusores de ar na base dos reatores. A corrente elétrica contínua aplicada foi controlada por uma fonte digital ajustável, com tensão entre 0-30 V e corrente de 0-5 A, e o tempo de exposição regulado por temporizadores digitais. Dois circuitos independentes permitiram a operação simultânea de quatro reatores sob diferentes condições, enquanto um quinto reator operou sem corrente para servir como controle, possibilitando a comparação dos efeitos do tratamento eletroquímico com e sem aplicação de energia elétrica.	A eletrocoagulação é uma técnica eficiente para a remoção de fósforo, promovendo uma melhora significativa na filtrabilidade do licor misto, o que facilita o tratamento em biorreatores de membrana (BRM). Além disso, o processo pode ser controlado por meio de diferentes densidades de corrente e modos de aplicação (ciclos de liga/desliga), o que permite otimizar o desempenho conforme a necessidade.	Battistelli (2018).
Eletrocoagulação + Adsorção	Foram investigadas as propriedades de diferentes polímeros (PVC, PE e PP) em condições originais e envelhecidas, verificando a capacidade de adsorção do corante. O PVC envelhecido apresentou maior adsorção e maior afinidade pelo corante devido à sua superfície mais porosa e alterações químicas. A aplicação da ECF, com correntes elétricas controladas e tempo de eletrólise ajustado, mostrou alta eficiência na remoção dos MPs e da turbidez, atingindo mais de 96% de remoção nos melhores casos. O método se mostrou promissor para tratar efluentes contaminados por MPs e corantes, porém precisa ser otimizado para garantir eficiência econômica.	Alta eficiência na remoção de microplásticos e contaminantes associados, incluindo corantes. Ele é capaz de tratar polímeros em diferentes condições, inclusive os envelhecidos, que possuem maior afinidade por poluentes. O processo é relativamente rápido e contribui para a redução da turbidez do efluente, além de não exigir o uso de produtos químicos adicionais, o que minimiza o impacto ambiental.	Pires (2024).
Box-Behnken + eletrocoagulação com corrente contínua pulsada.	Essa configuração teve como objetivo criar um campo elétrico uniformemente variável, aproveitando o princípio da superposição de ondas, em que a interação de ondas com frequências coincidentes pode gerar o fenômeno da ressonância. Essa condição ocorre quando a frequência forçada aplicada se iguala à frequência natural das moléculas presentes no sistema, facilitando a quebra de ligações moleculares. Com base nesse princípio físico, o processo eletrolítico com CCP pode apresentar vantagens significativas em relação à eletrólise convencional, como maior eficiência na degradação de compostos e menor consumo de energia elétrica, devido à ação da ressonância em níveis moleculares.	Uma de suas principais qualidades é a alta eficiência na remoção de poluentes, como demanda química de oxigênio (DQO), cor, turbidez, sólidos suspensos, sulfato e sulfeto. O uso de corrente pulsada intensifica as reações eletroquímicas, permitindo uma maior taxa de remoção em menor tempo. Além disso, esse método contribui significativamente para a redução do consumo de energia, uma vez que a aplicação de pulsos elétricos pode induzir o fenômeno de ressonância, facilitando a quebra de ligações moleculares com menor exigência energética em comparação à eletrólise convencional.	Martins (2017).

Quadro 2 - Integração tecnológica da eletrocoagulação. (continuação)

Integração tecnológica	Descrição	Vantagens	Referências
Eletrocoagulação + adsorção por carvão ativado	O método descrito combina duas tecnologias eficientes e versáteis, a eletrocoagulação (EC) e a adsorção com carvão ativado, para o tratamento de efluentes industriais combinados, os quais apresentam elevada complexidade devido à diversidade de poluentes presentes. O estudo utilizou um efluente composto por resíduos de indústrias de processamento de grãos, esgoto sanitário, fabricação de refrigerantes e metais tóxicos adicionados artificialmente. A eletrocoagulação foi realizada com eletrodos de alumínio em diferentes tempos (20, 40 e 60 minutos), enquanto a etapa de adsorção foi feita com quantidades variadas de carvão ativado (0,1 g, 0,5 g e 1,0 g) aplicado ao efluente previamente tratado por EC.	Juntas, essas tecnologias proporcionam alta eficiência na remoção de uma ampla gama de contaminantes, não exigem o uso intensivo de reagentes químicos, geram menor volume de lodo em comparação a métodos convencionais e são adaptáveis a diferentes composições de efluentes.	Carvalho (2017).
Tratamento de efluente proveniente de serigrafia + eletrocoagulação	No processo eletroquímico, a degradação de poluentes pode ocorrer por meio de oxidação direta ou indireta. Na eletrocoagulação, reações eletrolíticas acontecem na superfície do eletrodo, promovendo a dissolução contínua do ânodo e a liberação de íons metálicos. Esses íons, ao serem liberados, sofrem hidrólise imediata e se transformam em hidróxidos metálicos poliméricos, que atuam como agentes coagulantes. Esses coagulantes promovem a desestabilização das partículas carregadas negativamente presentes no efluente, facilitando sua remoção. Na oxidação direta, os poluentes são adsorvidos na superfície do ânodo, onde ocorre a transferência de elétrons. Já na oxidação indireta, espécies altamente oxidantes, como íons hipoclorito, cloro, ozônio e peróxido de hidrogênio, são geradas durante o processo eletroquímico e promovem a degradação dos poluentes diretamente na solução, por meio de reações de oxidação e redução.	Destaca-se a elevada eficiência na remoção de cor do efluente quando utilizado o eletrodo de latão, superando os limites legais de qualidade da água. Além disso, trata-se de um processo experimentalmente simples, de fácil implementação, com potencial de aplicação industrial. A eletrocoagulação também evita o uso de reagentes químicos adicionais, reduzindo impactos ambientais e gerando lodos potencialmente mais fáceis de manejar do que em processos tradicionais. O método também permite ajustes operacionais, como variação de corrente e tipo de eletrodo, o que o torna flexível para diferentes composições de efluentes.	Abreu (2018).
Eletrocoagulação + otimização de processo microbiológico de tratamento	As variáveis estudadas na eletrocoagulação foram o material dos eletrodos (ferro e alumínio), o pH da solução, o tempo de eletrólise e a tensão aplicada. Na condição ótima, com pH 7 e tensão de 20 V, a remoção da demanda química de oxigênio (DQO) atingiu cerca de 62% com eletrodos de alumínio e 74% com eletrodos de ferro. Após essa etapa, o efluente tratado por eletrocoagulação foi submetido ao processo biológico de lodos ativados, onde diferentes kits comerciais de bactérias foram avaliados quanto à eficiência de tratamento. Os melhores resultados foram observados para a combinação de eletrocoagulação com eletrodos de ferro e alumínio, que alcançaram remoções de DQO de 98,7% e 94,9%, respectivamente, após 10 dias de tratamento microbiológico.	o método combinado de eletrocoagulação seguido de lodos ativados mostrou-se eficaz e rápido, atendendo aos parâmetros ambientais em menor tempo e com a utilização de kits comerciais de bactérias, configurando uma alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluentes industriais na indústria cosmética.	Schneider (2022).

Quadro 2 - Integração tecnológica da eletrocoagulação. (continuação)

Integração tecnológica	Descrição	Vantagens	Referências
Processos de eletrocoagulação + fotólise com aeração.	Para remover esses contaminantes, foram investigadas as condições ideais de dois processos: eletrocoagulação (EC) e fotólise com aeração (FA). No processo de eletrocoagulação, as variáveis analisadas foram pH, densidade de corrente e duty cycle, enquanto no processo de fotólise, o pH e o fluxo de aeração foram os parâmetros estudados. A otimização foi feita utilizando a metodologia de superfície de resposta com delineamento composto central.	A principal delas é a alta eficiência de remoção de contaminantes, com destaque para o ibuprofeno, cuja remoção alcançou até 96%, e para o carbono orgânico total, com cerca de 79%. A integração das duas técnicas permite uma atuação complementar, em que a eletrocoagulação funciona como o processo principal, removendo a maior parte dos poluentes, enquanto a fotólise com aeração atua de forma a eliminar compostos residuais, aumentando significativamente a eficácia geral do tratamento.	Oliveira (2024).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eletrocoagulação (EC) tem apresentado avanços importantes em eficiência, design e aplicabilidade, com novos reatores e integrações tecnológicas que ampliam seu uso para efluentes complexos e diferentes escalas industriais. O desenvolvimento de sistemas híbridos e modulares têm tornado o processo mais flexível e econômico.

Apesar disso, o dimensionamento dos reatores e o controle de variáveis como densidade de corrente e geração de gases ainda são desafios, exigindo estratégias específicas para manter a eficiência e a operação estável, especialmente em processos contínuos.

Futuramente, a tendência é a incorporação de automação e materiais inovadores para otimizar o controle e a eficiência, tornando a EC ainda mais viável e sustentável, atendendo às exigências ambientais. Este estudo destaca as inovações no design e na integração da EC com outras tecnologias, apontando suas potencialidades e limitações, contribuindo para o avanço e a aplicação prática da técnica em diferentes setores.

REFERÊNCIAS:

[1] 1 GOERCK, Janaina; WOLFF, Delmira Beatriz; ARAÚJO, Ronaldo Kanopf de; DECEZARO, Samara Terezinha. Eletrocoagulação como pós-tratamento do efluente de um wetland construído de escoamento vertical. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 1, p. 113–121, jan./fev. 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/y6sc7Z436ggzYgGBH5qTqNJ/?lang=pt. Acesso em: 14 maio 2025.

[2] 2 MÓDENES, Aparecido Nivaldo; ESPINOZA-QUIÑONES, Fernando Rodolfo; YASSUE, Patricia Hissae; PORTO, Thaís Mendes; THEODORO, Paulo Sérgio. Aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de abatedouro de aves. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 571–578, maio/jun. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/kWz3x8q5FGmMwcJvYCS5dRc/?lang=pt. Acesso em: 14 maio 2025.

[3] 3 SILVA, Angelita Aparecida Ribeiro da; CAMARA, Carlos Alberto Paulinetti da; LOBO, Ilza; SCARMÍNIO, Ieda Spacino; ALVES, João Carlos. Otimização dos parâmetros operacionais de eletrocoagulação aplicada à recuperação de efluentes de lavagem de veículos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 179–186, jan./fev. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/Jtp6fSsCCdDqbvrSzXfwx4J/. Acesso em: 14 maio 2025.

[4] 4 VARELA DA SILVA, José Pedro Pedro; MENDES, Luis da Silva; MENDES, Isabel Borges Varela; NUNES, Antônio Idivan Vieira. Tratamento de efluentes de tanques de piscicultura por eletrocoagulação. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica, v. 9, n. 3, p. 317–330, dez. 2016. Disponível em: https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/52833. Acesso em: 16 maio 2025.

[5] 5 ORSSATTO, Fábio; TAVARES, Maria Hermínia Ferreira; SILVA, Flávia Manente da. Otimização da remoção de nitrogênio e fósforo de efluente de matadouro e frigorífico de suínos por meio da eletrocoagulação em reator batelada. Revista Ambiente & Água, v. 13, n. 5, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5nQgwKGrBzCdvwkCNxLZZFQ/abstract/?lang=pt. Acesso em: 12 maio 2025.

[6] 6 SILVA, Alessandra; LIMA, Pamela; COSTA, Bruno. Processo de remoção de microplásticos presentes em efluentes líquidos via eletrocoagulação/eletroflotação: uma análise das configurações de reatores eletroquímicos. Observatório Latino-Americano, v. 22, n. 2, p. 45–60, 2023. Disponível em: https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/5366/3451. Acesso em: 12 maio 2025.

[7] 7 MARTINS, Renata; WEBER, Kássio; LODI, João. Eletrocoagulação aplicada ao tratamento de águas residuárias. Revista Caderno Pedagógico, v. 21, n. 3, n. 3-144, 2022. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3304/2406. Acesso em: 12 maio 2025.

[8] 8 GRECCO, Luís Henrique; SOUZA, Barbara; ZANONI, Maria. Eletrocoagulação/eletrofloculação para tratamento de águas residuárias: eletrodos não convencionais e acoplamento de técnicas. Química Nova, v. 45, n. 4, p. 567–576, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/yvJSLtRbXYQTqrkjyhZBGyy/?lang=pt. Acesso em: 12 maio 2025.

[9] 9 FERREIRA, João; EMERICK, Tauane; FILHO, Urias. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. Química Nova, v. 41, n. 2, p. 234–240, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/HPHMdPKDt3PRTPY3kDgwP9S/. Acesso em: 12 maio 2025

[10] 10 TONES, Aline; EYNG, Eduardo; ALVES, Alcione; KLEN, Marcia. Investigation of the geometry of an electrochemical reactor in order to minimize the operational energy cost in the treatment of cosmetic effluents. Journal of Water Process Engineering, v. 58, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714423012564. Acesso em: 12 maio 2025.

[11] 11 STEFANO, Jéssica Santos. *Utilização de análise por injeção em fluxo e em batelada com detecção amperométrica e eletrodos impressos para a determinação de ciprofloxacina*. Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17449. Acesso em: 29 maio 2025.

[12] 12 COSTA, Bruno Augusto da; SANTOS, Lucas Silva dos. *Estudo preliminar da remoção de microplásticos: uma abordagem por meio da eletrocoagulação em reatores filtro-prensa operando em regime contínuo*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

[13] 13 BATTISTELLI, André Aguiar; BELLI, Tiago José; COSTA, Rayra Emanuelly da; JUSTINO, Naiara Mottim; LOBO-RECIO, Maria Ángeles; LAPOLL, Flávio Rubens. Efeitos da eletrocoagulação na modificação das características de lodos ativados: aplicação em biorreatores a membrana. *Revista DAE*, São Paulo, v. 67, n. 219, p. 103–120, 2019. DOI: https://doi.org/10.4322/dae.2019.048. Aprovado em: 04 jun. 2018.

[14] 14 PIRES, Danilo Prado. Microplásticos contaminados: adsorção/dessorção de Rodamina B e separação de fases por eletrocoagulação-flotação. 2024. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/. Acesso em 30 maio 2025.

[15] 15 PATEL, Sandeep Kumar; SHUKLA, Satish Chandra; NATARAJAN, Bikshandarkoil Ramratnam; ASAITHAMBI, Perumal; DWIVEDI, Harish Kumar; SHARMA, Amit; SINGH, Diwakar; NASIM, Mohd; RAGHUVANSHI, Satish; SHARMA, Deepak; SEN, Shamal; DUBEY, Savita; PRAJAPATI, Abhinesh Kumar. *State of the art review for industrial wastewater treatment by electrocoagulation process: Mechanism, cost and sludge analysis*. Desalination and Water Treatment, v. 321, p. 100915, jan. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.100915.

[16] 16 AMMAR, Saad H.; AKBAR, Ahmed S. Oilfield produced water treatment in internal-loop airlift reactor using electrocoagulation/flotation technique. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, v. 26, n. 4, p. 879-885, abr. 2018.

[17] OLIVEIRA, Juliene Tomé. *Estudo comparativo dos processos de eletrocoagulação e fotólise com aeração na remoção de fármacos em efluentes de estação de tratamento de esgoto (ETE)*. 2024. Tese

(Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/77890. Acesso em: 07 jun. 2025.

[18] MARTINS, Jéssica Elen Costa Alexandre. *Delineamento Box-Behnken para remoção de DQO de efluente têxtil utilizando eletrocoagulação com corrente contínua pulsada.* Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 6, p. 1111-1120, nov./dez. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522017150743. Acesso em: 13 jun. 2025.

[19] ABREU, Jonathan David de; ADAM, Camila; COSTA, Ana Flavia; MARIAN, Sérgio; KOSLOWSKI, Luciano André Deitos. *Tratamento de efluente proveniente de serigrafia via eletrocoagulação.* Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2018. Recebido em: 15 out. 2018. Aceito em: 10 dez. 2018.

[20] SCHNEIDER, Jaine. *Avaliação da eletrocoagulação e otimização de processo microbiológico de tratamento de efluente de uma indústria de cosméticos.* 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, 2022.

Capítulo 7

Critérios de sustentabilidade aplicados às obras públicas

Roberta Vogas Valença Carrocino

Resumo: Tendo em vista a constante e grande demanda da população sobre a construção civil e o que isso acarreta para o meio ambiente, faz-se necessário a busca de métodos e materiais com características propícias para suprir tal demanda e, ainda, amenizar os impactos negativos causados ao meio ambiente. Uma considerável alternativa é a adoção de critérios de sustentabilidade que, além de atenuarem as agressões ao meio ambiente como a redução de consumos dos recursos naturais, promovem a qualidade de vida de quem se utiliza do produto final: as construções sustentáveis. Esses critérios atribuídos às obras públicas expandem o conceito de sustentabilidade e possibilitam que mais pessoas possam se utilizar desse benefício. Concluiu-se que a tendência de desenvolvimento do setor tende a viabilizar, cada vez mais, a cultura da sustentabilidade na sociedade.

Palavras-chave: Critérios de sustentabilidade, Construções sustentáveis, Obras Públicas.

1. INTRODUÇÃO

Até a década de 70 não havia real preocupação com o desempenho ambiental dos edifícios, quer na sua concepção e construção, quer em seu uso. Ainda se tinha a mentalidade de que os recursos eram todos renováveis ou ainda que fossem não renováveis, teriam a capacidade de suprir todas as necessidades humanas durante toda a existência do homem.

Com a crise do petróleo em 1973, essa mentalidade necessita ser mudada, já que o custo da produção de energia com queima de petróleo elevou-se. A ideia de sustentabilidade então se inicia com a busca pela redução do consumo energético e métodos mais baratos e eficazes de se obter energia. Entende-se nos dias atuais por sustentabilidade como toda ideia ou atividade humana que visa suprir as demandas atuais dos seres humanos, conservando o equilíbrio do sistema para que não comprometa o futuro das próximas gerações. Pode ser observada segundo três dimensões: social, ambiental e econômica (em uma obra de um edifício sustentável é possível englobar as três divisões de sustentabilidade). (Sustentarqui, 2014).

A partir da Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente das Nações Unidas em Estocolmo (1972), iniciou-se o pensamento sustentável também para edificações/ construção civil. Segundo Scillag (2017) aproximadamente 40% da energia mundial é consumida pelos edifícios. Neste contexto é urgente a identificação das características técnicas que propiciem a execução de construções sustentáveis em todas as fases da obra, desde o projeto até o uso.

Com esta informação, identifica-se o foco/área de atuação que se deseja pesquisar, com a intenção de tornar gradativamente as obras públicas ecologicamente corretas, pois as características de uma construção sustentável interferem diretamente na relação do homem com o meio-ambiente com questões que podem ser minimizadas quando se resolve investir em um planejamento adequadamente sustentável.

1.1.1. PROBLEMA

O Conselho Internacional da Construção – CIB aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, fato que gera consideráveis impactos ambientais negativos. Além desses impactos, é sabido que há também impactos gerados com a produção de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, devido à indústria da construção que podem durar anos e anos no meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente).

Portanto, se o método de construção não for atualizado com a visão de sustentabilidade, os danos sobre a fauna, flora e atmosfera causados por uma obra atual poderão cada vez mais ser sentidos por até gerações futuras, contribuindo para o esgotamento do meio ambiente.

1.2. JUSTIFICATIVA

A escolha de tratar as construções sustentáveis e seus critérios como objeto de estudo se dá, além da busca de minimizar os impactos ambientais negativos provocados pela construção civil, pelo fato da sua elevada contribuição para a qualidade de vida de todos os usuários dessas construções. A pesquisa é voltada para obras públicas com a intenção de promover a Cultura da Sustentabilidade e aproximá-la da sociedade.

1.3. OBJETIVO DO ESTUDO

O presente trabalho pretende apresentar, a partir da evolução dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, critérios e alternativas para atender à sustentabilidade em obras públicas e suas praticidades, assim como explicitar as vantagens oriundas nesse contexto.

1.4. CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, "construção sustentável" é um conceito que denomina um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam à sustentabilidade da edificação". Ou seja, ao contrário do que muitos pensam, a construção não é sustentável apenas pelo uso de materiais do gênero ou por medidas mais notáveis como coberturas verdes. O planejamento, a organização de produção e descarte de materiais já no canteiro de obras, assim como condições ideais de trabalho durante cada etapa de construção também são levados em conta e futuramente a etapa de manutenção, pós-construção.

Segundo Ruy Rezende, um edifício possui cinco fases em seu ciclo de vida: concepção, implantação, uso, manutenção e demolição, cada uma com características particulares que devem ser consideradas nas tomadas de decisões em busca de atenuar e minimizar os impactos ambientais negativos. (Corbo, 2017).

O objetivo de se reduzir os consumos de uma edificação deve andar lado a lado com a eficiência da mesma para torná-la sustentável. Em 1984, a Organização Mundial de Saúde (OMS) fez o primeiro estudo de ocorrências de doenças relacionadas ao uso de construções tiveram seus sistemas de ventilação e iluminação para diminuir consumos de forma inadequada e mal planejada. Desse estudo surgiu o conceito de Síndrome do Edifício Doente *(Building Sick Syndrome)*. Portanto, a funcionalidade, conforto e qualidade de vida do usurário é quesito a se considerar em uma construção saudável e ecologicamente correta.

A Síndrome do Edifício Doente poderia ter sido evitada se houvesse tido um planejamento adequado. A fase de projeto é essencial para toda obra e em uma obra sustentável não é diferente. É importante que os ideais sustentáveis já estejam inseridos desde a fase inicial da obra, prevendo diversas alternativas possíveis, para serem incorporados em todas as suas fases, de forma a estabelecer a melhor relação custo e benefício. Segundo David Douek, diretor da OTEC – Otimização Energética para a Construção**:**

A concepção inicial do projeto será um fator determinante no impacto dos custos relativos às questões de sustentabilidade. Na prática, isto significa que, se o projeto for concebido já com os conceitos de sustentabilidade pelas equipes envolvidas, a tendência é de solucionar as questões a um custo mais baixo do que, eventualmente, incorporar uma solução numa fase já avançada de trabalho.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi organizado em 6 (seis) capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução do tema, destacando-se o problema de pesquisa, objetivo de estudo, a justificativa e o tema construções sustentáveis.

O segundo capítulo abrange o tema de critérios de sustentabilidade, explicitando seu conceito.

No terceiro capítulo, são apresentados exemplos de aplicabilidade de materiais e insumos para atender à sustentabilidade em construções para que se entenda a viabilidade e importância de se colocar a sustentabilidade em prática.

No quarto, é apresentado o estudo de caso das obras realizadas nos campus do CEFET/RJ.

No quinto capítulo são identificados os tipos de certificações ambientais existentes no mundo e que podem ser adquiridas no Brasil.

No sexto e último capítulo é apresentada a conclusão deste trabalho.

2. CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

Critérios de sustentabilidade são requisitos para a classificação da sustentabilidade de uma construção. O Ministério do Meio Ambiente participou da elaboração da Instrução Normativa do Ministério do Planejamento N° 1, de 19 de Janeiro de 2010 que determina que toda aquisição de bens e contratação de obras e serviços pelos órgãos do Governo Federal terão que seguir estes critérios.

Nesta Instrução Normativa são considerados os processos de extração ou fabricação, utilização e descarte dos produtos e matérias-primas. Segundo a mesma, os projetos básico e executivo devem visar à economia da manutenção e eficiência da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental.

Os editais para a contratação de serviços deverão prever que as empresas Contratadas adotarão medidas para evitar o desperdício de água tratada, que realizem um programa interno de treinamento de seus empregados para redução de consumo de energia elétrica, água e produção de resíduos sólidos, realizem a separação dos resíduos recicláveis e prevejam a destinação ambiental adequada das pilhas e baterias usadas ou inservíveis.

Ter um edifício público sustentável faz-se necessário atender não só à Instrução Normativa nº 1 de 19 de janeiro de 2010, como também a de nº 2 de 4 de junho de 2014. Esta tem como objetivo garantir a aquisição de bens e a contratação de obras e serviços de engenharia com eficiência energética no âmbito do Governo Federal, de modo a promover o desenvolvimento nacional sustentável.

De acordo com a IN nº 2, o poder executivo deve estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no Brasil. Além de desenvolver mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações do país.

O PNEF (Programa Nacional de Educação Fiscal) estabeleceu Metas Projetadas quanto a eficiência energética no Brasil para 2030 de Redução de 10% do consumo projetado, sendo 5% através de programas de indução. Quanto à etiquetagem obrigatória, o PNEF estima que em 2020 os prédios públicos já terão esse critério estabelecido, em 2025 os prédios comerciais e de serviços e em 2030 os prédios residenciais.

3. EXEMPLOS DE APLICABILIDADE DE MATERIAIS E INSUMOS PARA ATENDER À SUSTENTABILIDADE EM CONSTRUÇÕES

Em um projeto de obra sustentável é ideal que se tenha uma agenda de trabalho. Essa agenda consiste em uma lista de checagem que permite ao projetista uma visão geral das possibilidades de inserção de sistemas e soluções sustentáveis, facilitando a tomada de decisão sobre a aplicação nos projetos (Senado Verde, 2010). Alguns exemplos dessas soluções são:

3.1. USO DE LÂMPADAS LED

Podem ser mais caras inicialmente, mas a médio e longo prazo já é possível analisar como um investimento ao invés de gasto. Isso se dá pelo fato desse tipo de lâmpada ser muito mais econômica que a comum, ou seja, consome menos energia elétrica e consequentemente a conta de luz mensal é mais barata. A importância de seu uso e viabilidade está cada vez mais difundida tanto que a Comissão de Trabalho, de Administração e Serviço Público da Câmara dos Deputados aprovou, em 2016, projeto de lei que torna obrigatória a utilização de lâmpadas de LED na iluminação de prédios públicos (PL 2623/15) (Câmara, 2016).

3.2. DESCARGA COM DUPLO ACIONAMENTO

Os chamados mecanismos duplos são um sistema fracionado, que oferece ao usuário a possibilidade de dar uma descarga parcial de 3 litros (ideal para limpar o vaso de resíduos líquidos), ou uma descarga total, de 6 litros (ideal para resíduos sólidos). Utilizando os sistemas duplos, evita-se o consumo do volume máximo da caixa, o que proporciona economia média de 35% da água utilizada nas descargas**.** Essa ação pode levar à redução de 10% a 15% na conta de água da residência (Astra, 2015).

3.3. TORNEIRAS E LAVATÓRIOS COM AREJADOR

A torneira convencional usa de 14 a 25 litros de água por minuto, já a com arejador reduz 70% desse consumo, pois mistura água e ar promovendo a sensação de volume de água. Com o consumo de 4,5 litros por minuto atinge uma economia mensal média de 570 litros se comparada às torneiras convencionais (PROEMPI, 2012).

3.4. UTILIZAÇÃO DE CORES CLARAS NAS PINTURAS DE PAREDES, TETOS E PISOS

Com essa ação se gera mais conforto térmico, pois cores claras absorvem menos calor, além de tornar o ambiente mais claro.

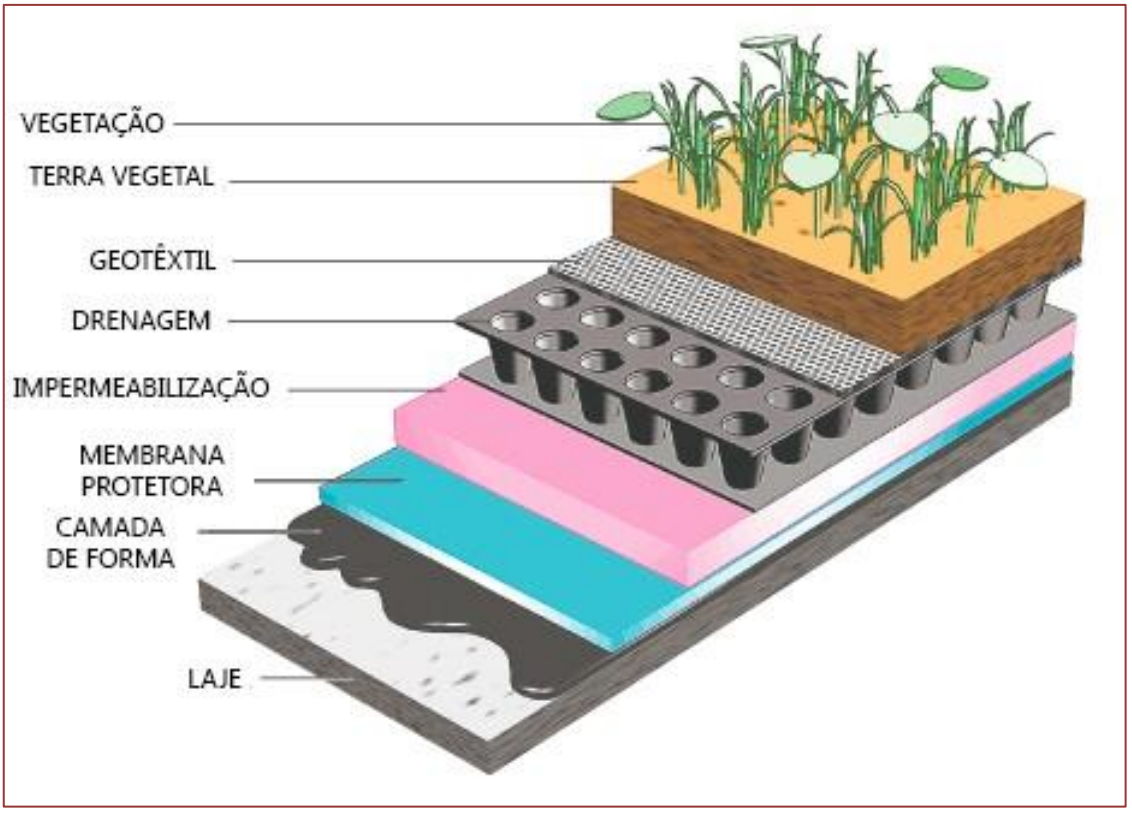
3.5. COBERTURAS VERDES

Também conhecidas como telhados verdes, é um sistema construtivo em que se utiliza vegetação nas lajes e telhados das edificações. Além do benefício estético, esse sistema funciona como isolante térmico. Para as cidades, são uma forma de área vegetada que, em larga escala, contribui para melhorar a qualidade do ar e minimizar o efeito das ilhas de calor. No Brasil, o sistema ainda é pouco utilizado e não tem normatização. (Corsini,

2011). Os componentes são instalados em módulos mediante estruturas especiais, o que resulta na criação de um colchão de ar entre as placas de plantio e a laje impermeabilizada.

Nesse sistema, os módulos podem ser retirados para manutenção e substituição com facilidade (Senado Verde, 2010).

Figura 1 – Esquema de instalação de uma cobertura verde



Fonte: Site Referência Arquitetura (2015).

3.6. REUSO DAS ÁGUAS CINZAS

Águas proveniente de banhos, máquinas de lavar roupa e lavatórios de banheiro são chamadas de águas cinzas. Boa parte dessa água é jogada fora, mas poderia servir de água de reuso em descargas sanitárias, na lavagem de pisos ou para regar plantas. Uma opção para tratar a água cinza de forma rápida, testada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) da USP, é misturar 5 ml de água sanitária para cada litro de água de reuso armazenada (Ecycle).

3.7. REUTILIZAÇÃO DO ENTULHO

A Associação Brasileira para a Recicçlagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon) divulgou, em 2013, que o entulho representa mais de 50% do total de resíduos sólidos gerados em uma cidade (Revista Meio Ambiente Industrial).

A reciclagem do entulho pode ser realizada a partir da sua moagem, para ser reutilizado como agregados para argamassas e concretos. Essa ação é muito vantajosa, pois reduz

consideravelmente a geração de resíduos sólidos de uma obra, tornando-a mais ecológica e mais econômica (sustentabilidade econômica), já que se diminuem os custos com o descarte do entulho e com a compra de materiais. É ideal que as demolições e retiradas de materiais sejam executadas de forma planejada, pois assim se reduz ao mínimo a possibilidade de desperdício e o aumento ao máximo da reutilização e reciclagem dos resíduos provenientes dessas demolições.

Figura 2 - aterramento do piso do pavilhão IV no Campus Maracanã CEFET/RJ

FONTE: Aline Trigo (2019).

4. CASO CEFET/RJ

Foram analisados para identificação de critérios de sustentabilidade os projetos básico e executivo da Construção de Fábrica de Aprendizagem e Laboratório de Soldagem no Pavilhão IV e Reforma dos Pavilhões I, IV e V, Reforma do Bloco L nos 2º e 3º andar e

Modernização das Subestações do Campus Maracanã do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Os projetos básico e executivo da Construção de novo prédio com auditório e previsão de novas salas de aula no Campus Nova Friburgo, da Construção de nova edificação com refeitório e secretaria administrativa e Conclusão do prédio de salas de aula e laboratórios no Campus Valença e da Construção de Guarita de Acesso e Fechamento das Paredes do Bloco B no Campus Angra Dos Reis do CEFET/RJ também foram observados.

Segundo esses projetos, para visar à eficiência e economia energética, nas obras do Campus Maracanã foi realizada a instalação de luminárias com capacidade para acondicionar lâmpadas tubulares LED bivolt. Além disso, todas as paredes e tetos internos são preparados com massa PVA, lixados e pintados com tinta acrílica na cor branco gelo nas obras dos campus Angra dos Reis, Maracanã e Nova Friburgo.

Com a intenção de evitar o desperdício de água e assim economizar esse recurso em longo prazo. Nos Campus Valença e Nova Friburgo deverão ser instaladas bacias sanitárias do tipo caixa acoplada com preferência para modelo com acionamento duplo. Com o mesmo objetivo, no campus Maracanã as torneiras dos lavatórios são do tipo fechamento automático. Em Valença, além das torneiras terem o fechamento automático, elas possuem braço reto giratório com arejador.

Para aumentar a ventilação das Subestações do Campus Maracanã e gerar melhor conforto para seus usuários deverá ser realizada a abertura de vãos na alvenaria para instalação de janelas.

O entulho (composto por blocos cerâmicos, concreto, agregados ou brita) gerado pela demolição de alvenaria na obra do pavilhão IV do laboratório de soldagem do campus Maracanã foi utilizado no aterramento do piso. No pavilhão 1 do mesmo campus, para o os aterros de piso na reforma salas, copa e banheiros também deverão ser feitos com material de entulho de obra Tal atitude resultou na redução da produção de resíduos sólidos para as obras.

Todos os projetos básico e executivo analisados mostram e responsabilidade ecológica já que todos apresentam critérios de sustentabilidade e estabelecem que a execução dos serviços pela contratada deverá visar à economia energética e hídrica, assim como utilizar materiais biodegradáveis sempre que houver disponibilidade no mercado. É estabelecido também que o uso da madeira deve apresentar a origem e procedência de acordo com autorização do IBAMA e que a empresa que realizará as obras deverá providenciar a destinação ambientalmente adequada dos resíduos da construção civil originários da contratação.

Quadro 1 - Classificação e Destinação de resíduos

Resíduo	Classificação	Destinação
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado, tais como: a) de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; b) de construção, demolição, reformas reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.) argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidos em canteiro de obras	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados à áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas
D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Projeto básico e projeto executivo da Construção de Fábrica de Aprendizagem e Laboratório de Soldagem no Pavilhão IV e Reforma dos Pavilhões I, IV e V do Campus Maracanã do CEFET/RJ (2018)

5. CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

Também chamados de selos verdes, certificação é uma avaliação da qualidade dos materiais e sistemas do edifício baseada em critérios preestabelecidos do projeto sustentável. A certificação como processo é importante, pois agrega valor de mercado ao edifício, além de validar e incentivar práticas e políticas públicas sustentáveis para futuros projetos.

Em 1990, no Reino Unido, surgiu o primeiro sistema de certificação ambiental de edifícios: o BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (Método Estabelecimento de Pesquisa de Avaliação Environmental de Edifícios). Seus requisitos técnicos eram focados no interior da construção e seu entorno e no meio ambiente. Bem-sucedido, foi pivô para a integração do conceito de sustentabilidade no desenvolvimento de projetos e construção de edifícios (Corbo, 2017).

Segundo David Douek, as práticas a serem implantadas para caracterizar uma edificação sustentável são as mesmas que viabilizam a obtenção de uma certificação. A diferença a ser considerada em função da certificação almejada depende principalmente de critérios qualitativos e quantitativos.

5.1. LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

Em 1998, o Estados Unidos lançou um sistema de certificação ambiental de edifícios desenvolvido pela organização não governamental USGBC - *United States Green Building Council* (Conselho de Construção Verde dos Estados Unidos), o *Leadership In Energy and Environmental Design* (LEED). Esse selo trouxe a exigência de pré-requisitos nas áreas de impacto ambiental causados pela construção. É analisado não só o projeto final, mas também como o edifício é planejado, construído e operado. (Sustentarqui, 2014).

No Brasil, o LEED é aplicado pelo GBCB - *Green Building Council Brazil* (Conselho de Construção Verde do Brasil) para a certificação dos chamados Edifícios Verdes (*Green Building*). É uma das certificações mais utilizadas na construção civil brasileira e mundial. (Ministério do Meio Ambiente).

Os Projetos que buscam a certificação internacional LEED são analisados por 7 dimensões. Todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que à medida que atendidos, garantem pontos à edificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos. Os níveis são: Certificado, Silver, Gold e Platinum. (GBCB).

*O Eldorado Business Tower, l*ocalizado na cidade de São Paulo, foi o primeiro prédio da América Latina a receber o LEED® C&S - Platinum, mais alto nível de certificação do USGBC.

O Estádio Governador Plácido Castelo, também conhecido como Arena Castelão, *foi a p*rimeira arena sustentável no mundo. O estádio de Fortaleza ganhou a certificação LEED de construção sustentável por uso racional de água, energia, qualidade ambiental interna, baixo impacto ambiental e estímulo a inovações.

5.2. PROCESSO AQUA-HQE (ALTA QUALIDADE AMBIENTAL)

O Processo AQUA-HQE é uma certificação internacional da construção sustentável baseado na certificação francesa *Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)* e aplicado no Brasil exclusivamente pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini. A Fundação Vanzolini ao celebrar um acordo de cooperação com o CERWAY passa a ser a representante no Brasil da rede de certificação HQE™ e o Processo AQUA transforma-se em AQUA-HQE uma certificação com identidade e reconhecimento internacional. Os referenciais técnicos do Processo AQUA-HQE, desde seu lançamento em 2008, foram desenvolvidos considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e a regulamentação presentes no Brasil.

Para obter a certificação da construção nova o empreendedor deve planejar e garantir o controle total do desenvolvimento do empreendimento nas fases Pré-projeto, projeto e Execução.

Com o Processo AQUA-HQE o empreendedor passará a receber 02 certificados: um da Fundação Vanzolini Processo AQUA*TM* e outro do Cerway HQE*TM*, com todos os elementos padronizados internacionalmente, fundamentado na certificação Processo AQUA*TM* da Fundação Vanzolini.

O empreendimento será certificado, com emissões dos certificados após as auditorias, uma vez constatado atendimento aos critérios dos Referenciais Técnicos de Certificação e comprovado o alcance do perfil mínimo (Fundação Vanzolini, 2014).

A Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE), responsável pela rede física escolar da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, optou pelo Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental). A Escola Estadual Ilha da Juventude, na Vila Brasilândia, zona Norte de São Paulo contou com a sustentabilidade desde o início de sua construção com um canteiro de obras sustentável. Entre os fatores sustentáveis do edifício estão a economia de água e energia, conforto acústico, visual e térmico (Fundação Vanzolini, 2012).

Figura 3 – Fachada Escola Estadual Ilha da Juventude

Fonte: eCycle.

5.3. INMETRO – PROCEL

O selo PROCEL foi desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel que avalia e qualifica os equipamentos domésticos em função de sua eficiência energética. A Centrais Elétricas Brasileiras S.A - Eletrobrás, em parceria com o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) instituiu o selo de eficiência energética para edifícios acima de 500 m^2.

Os edifícios são avaliados sob quatro aspectos: envoltório, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar e edifício completo, que abrange os três aspectos anteriores e bonificações.

Esse selo tem por objetivo orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. Além de estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais. (INMETRO, 2014)

5.4. MÉTODO IPT

O método desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) oferece uma avaliação ambiental de edifícios adequada às condições brasileiras. Sua estrutura é semelhante à do LEED e BREEAM, com itens com caráter de atendimento obrigatório e outros classificatórios.

A sistemática do IPT enfatiza não só os aspectos ambientais tradicionais, mas também o desempenho do edifício e qualidade de vida dos usuários. Aspectos mais abrangentes como de acessibilidade e relação da edificação com o seu entorno são considerados, por exemplo. Sua grande diferença está na importância dada a cada aspecto e na inserção de preocupações relativas à realidade brasileira (Téchne, 2008).

6. CONCLUSÃO

O assunto sustentabilidade vem sendo discutido com mais frequência com o passar dos anos, já que tem sido mais visível a necessidade de uma visão mais ecológica, tendo em vista todos os impactos ambientais sendo cada vez mais sentidos pela população. Como apresentado, modificar o modo de construção, portanto, se mostra urgente, mas acima de tudo viável.

O CEFET/RJ mostra a viabilidade de se colocar em prática projetos sustentáveis e deve servir de modelo para futuras obras públicas, visando os benefícios de adotar critérios sustentáveis, possibilitando que algum dia a sociedade brasileira tenha mais consciência da Cultura de Sustentabilidade.

REFERÊNCIAS:

[1] MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa Nº1 de 19 De Janeiro De 2010, Brasília, 2014.

[2] MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa Nº 2 de 4 De Junho De 2014, Brasília, 2014.

[3] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Critérios de sustentabilidade são incorporados às licitações do governo federal. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/6062-criterios-de-sustentabilidade-sao-incorporados-as-licitacoes-do-governo-federal.html>. Acessado em 15 de setembro de 2018.

[4] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Construção Sustentável. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acessado em 15 de setembro de 2018.

[5] VIGGIANO, Mário Hermes Stanziona. Cartilha de edifícios públicos sustentáveis – Senado Verde. Brasília, 2010. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/institucional/programas/senado-verde/pdf/Cartilhaedificios_publicos_sustentaveis_Visualizar.pdf>. Acessado em 21 de julho de 2019.

[6] CORBO, Raphael Barcellos. Sustentabilidade nas fases do ciclo de vida de uma edificação da construção civil – o caso do Museu do Amanhã,Rio de Janeiro, 2017. Projeto Final (Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ).

[7] NOVIS, Luiz Eduardo Moraes. Estudos Dos Indicadores Ambientais Na Construção Civil – Estudo De Caso Em 4 Construtoras (Projeto de Graduação de Engenharia Civil -Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

[8] FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação AQUA- HQE. Disponível em < https://vanzolini.org.br/aqua/>. Acessado em 14 de fevereiro de 2019.

[9] CEFET/RJ. Projeto Básico e Executivo da Construção de Fábrica de Aprendizagem e Laboratório

de Soldagem no Pavilhão IV e Reforma dos Pavilhões I, IV e V do Campus Maracanã. Rio de Janeiro, 2018.

[10] CEFET/ RJ. Projeto Básico e Executivo da Reforma do Bloco L nos 2º e 3º andar e Modernização das Subestações do Campus Maracanã. Rio de Janeiro, 2018.

[11] CEFET/RJ. Projeto Básico e Executivo da Construção de novo prédio com auditório e previsão de novas sal.as de aula e laboratório na UnED Friburgo. Rio de Janeiro, 2018

[12] CEFET/ RJ. Projeto Básico e Executivo da Construção de nova edificação com refeitório e secretaria administrativa e Conclusão do prédio de salas de aula e laboratórios no Campus Valença. Rio de Janeiro, 2018.

[13] CEFET/RJ. Projeto Básico e Executivo da Construção de Guarita de Acesso e Fechamento das Paredes do Bloco B no Campus Angra Dos Reis. Rio de Janeiro, 2018.

[14] CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão aprova obrigatoriedade de utilização de lâmpadas LED em órgãos públicos, 2016 Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/ciencia-e-tecnologia/502810-comissao-aprova-obrigatoriedade-de-utilizacao-de-lampadas-led-em-orgaos-publicos.html> Acessado em 13 de fevereiro de 2019.

[15] ASTRA. Descarga com duplo acionamento ajuda na economia de água, 2015 Disponível em: <http://www.astra-sa.com.br/destaques/index.php/descarga-com-duplo-acionamento-ajuda-na-economia-de-agua-2/> Acessado em 14 de fevereiro de 2019.

[16] ASTRA. Cartilha da construção consciente e economia de água. Disponível em: <http://www.astra-sa.com.br/destaques/wp-content/uploads/2012/04/cartilha-construcao-consciente-economia-de-agua.pdf>. Acessado em 14 de fevereiro de 2019.

[17] REDAÇÃO TECHNE. Avaliação ambiental. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286494-3.aspx>. Acessado em 11 de janeiro de 2019.

[18] REDAÇÃO AECWEB. O passo a passo do edifício sustentável – Entrevista com David Douek. Disponível em https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/o-passo-a-passo-do-edificio-sustentavel_2246_10_20. Acessado em 25 de julho de 2019.

[19] REDAÇÃO SUSTENARQUI. Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação, 2014. Disponível em <https://sustentarqui.com.br/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao/> Acessado em 25 de janeiro de 2019.

[20] REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. Construção Civilizada, Edição 136, Janeiro/Fevereiro de 2019.

[21] EQUIPE ECYCLE. Água cinza: como aproveitar a água de reuso. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6108-agua-de-reuso-agua-cinza.html> Acessado em 25 de janeiro de 2019.

[22] REDAÇÃO UNGREEN. As principais certificações ambientais do mercado brasileiro, 2018. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/certificacoes-ambientais/>. Acessado em 24 de janeiro de 2019.

[23] CORSINI, Rodnei. , 2011. Telhado verde – cobertura de edificação com vegetação. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>. Acessado em 31 de janeiro de 2019

Capítulo 8

Tijolo de solo-cimento: alternativa para uma construção sustentável

Anna Beatriz Jacomassi Ramos
Karen Niccoli Ramirez

Resumo: Diante dos impactos ambientais da construção civil, este capítulo tem como objetivo evidenciar o tijolo de solo-cimento como uma alternativa construtiva sustentável, analisando suas potencialidades e aplicações. A metodologia empregada consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com base em artigos, teses, dissertações e normas técnicas pertinentes. Os resultados indicam que o material apresenta vantagens significativas, como o processo de fabricação de menor impacto ambiental por dispensar a queima; a otimização de custos no canteiro de obras pela redução de argamassa e revestimentos, e um desempenho térmico favorável. Constatou-se que sua viabilidade técnica é condicionada ao rigoroso controle de qualidade, especialmente na seleção do solo e no processo de cura, que são determinantes para atender aos requisitos de resistência à compressão e absorção de água estipulados em norma. Conclui-se que o tijolo de solo-cimento se consolida como uma alternativa técnica e economicamente viável para a construção civil, contribuindo para a redução de impactos ambientais, desde que seus processos produtivos e de aplicação sigam as boas práticas e as normativas vigentes.

Palavras-chave: Tijolo de solo-cimento, Construção sustentável, Alternativa.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil enfrenta o desafio contínuo de mitigar seu significativo impacto ambiental, caracterizado pelo alto consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e pela expressiva geração de resíduos. Diante da crescente preocupação com a sustentabilidade, a busca por materiais e sistemas construtivos de menor impacto tornou-se um desafio central para pesquisadores e profissionais da área. Nesse cenário, o tijolo de solo- cimento, também conhecido como tijolo ecológico, emerge como uma alternativa promissora aos materiais convencionais.

A principal vantagem sustentável do tijolo de solo-cimento reside em seu processo produtivo de baixo impacto. Sua fabricação, que consiste na prensagem de uma mistura de solo, cimento e água, dispensa a etapa de queima em fornos, um procedimento obrigatório para tijolos cerâmicos que consome energia e emite gases poluentes (Lopes, 2004). Adicionalmente, a tecnologia viabiliza o uso de solo do próprio local da obra como principal matéria-prima, o que pode reduzir os custos e a pegada de carbono associados ao transporte (Grande, 2003).

O potencial inovador do material é ampliado por meio de pesquisas que investigam a incorporação de diferentes resíduos em sua composição. Trabalhos como o de Sacramento (2016) exploram o uso de resíduo de marmoraria, enquanto Quintana et al. (2024) analisam a adição de resíduos cerâmicos. Em outra vertente, estudos como o de Grande (2003) investigam a incorporação de sílica ativa para a obtenção de um compósito de elevado desempenho mecânico e maior durabilidade. Tais abordagens não apenas oferecem uma destinação nobre para os resíduos, mas também buscam aprimorar as propriedades do tijolo.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é evidenciar o tijolo de solo-cimento como uma alternativa para uma construção sustentável, destacando suas potencialidades e aplicações. Para alcançar tal finalidade, a pesquisa se propõe a atingir os seguintes objetivos específicos: apresentar o processo de fabricação do material e suas principais características físicas e mecânicas; estudar suas vantagens e desvantagens em termos técnicos e de custo; e, por fim, apresentar exemplos de projetos arquitetônicos que empregaram esses tijolos e sua representação gráfica.

Para tanto, a metodologia adotada consiste em uma pesquisa de natureza qualitativa com apoio de informações quantitativas, realizada a partir de uma revisão bibliográfica em teses, dissertações e artigos científicos. São levantados e analisados dados sobre o desempenho técnico do material, como conforto térmico e acústico (Ferreira; Santos, 2020), e seu impacto ambiental, como emissões de CO_2 (Müller, 2019; SNIC, 2016), para compor uma análise comparativa. A investigação inclui também a pesquisa por projetos arquitetônicos de referência, com foco no estado de São Paulo, a fim de ilustrar as aplicações práticas e os detalhes construtivos do material.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. COMPOSIÇÃO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O tijolo de solo-cimento é um componente construtivo definido como uma mistura homogênea e compactada de três elementos principais: solo, cimento Portland e água. A qualidade e o desempenho do produto dependem diretamente da correta seleção e proporção desses materiais, que devem atender aos requisitos especificados na ABNT Nbr

10833:2012 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento, norma que rege a produção e o controle do material.

O solo é o principal componente em volume. A ABNT Nbr 10833:2012 estabelece critérios rigorosos para sua seleção, recomendando solos que sejam predominantemente arenosos. As especificações incluem: 100% do material passando na peneira de 4,75 mm; entre 10% e 50% de material fino (silte e argila) passando na peneira de 0,075 mm; limite de liquidez (LL) não superior a 45%; e índice de plasticidade (IP) igual ou inferior a 18%. É necessário que o solo seja isento de matéria orgânica em excesso, pois esta pode prejudicar a hidratação do cimento.

O cimento atua como o agente aglutinante que, após a hidratação, confere resistência e durabilidade ao tijolo. A proporção de cimento na mistura é variável, geralmente entre 6% e 14% em massa, e deve ser definida por meio de estudos de dosagem. A Nbr 10833:2012 permite o uso de diversos tipos de cimento Portland, como o CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V-ARI, desde que atendam às suas respectivas normas. A escolha depende da disponibilidade local e do desempenho desejado (Grande, 2003).

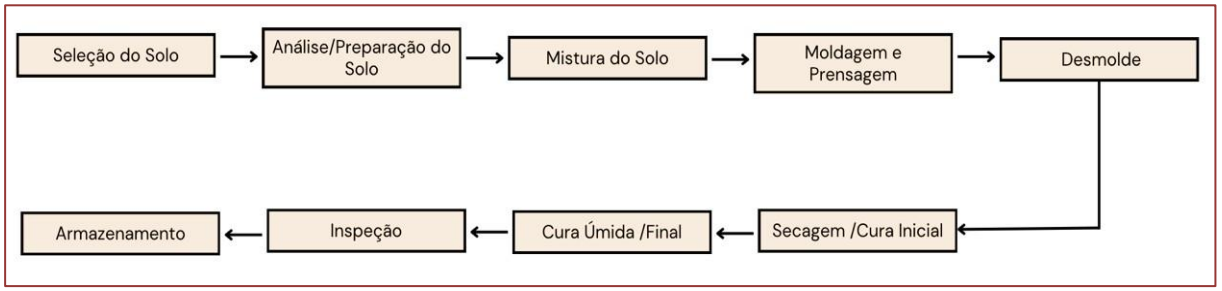
A água é responsável por ativar as reações químicas de hidratação do cimento e conferir a plasticidade necessária para a moldagem da mistura. Sua quantidade deve ser precisamente controlada, pois o excesso pode reduzir a resistência final, enquanto a falta de água dificulta a compactação adequada do material (Grande, 2003). A água utilizada deve ser limpa e isenta de impurezas nocivas, como sais ou matéria orgânica, que possam interferir negativamente no processo de cura.

2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A produção dos tijolos de solo-cimento segue algumas etapas essenciais. Primeiramente, o solo é preparado, passando por peneiramento e homogeneização para garantir uma distribuição uniforme das partículas. Em seguida, o cimento é misturado ao solo e a água é adicionada gradualmente. A mistura é então colocada em formas, podendo ser compactada manualmente ou com o auxílio de máquinas de prensagem.

O processo de fabricação, conforme descrito na norma ABNT Nbr 10833:2012, inicia- se com a preparação dos materiais. O solo deve ser destorroado, peneirado e misturado ao cimento de maneira uniforme. A mistura pode ser realizada de forma manual ou mecânica. Em seguida, adiciona-se água gradativamente até alcançar a umidade ideal de trabalho. Essa mistura é transferida para os moldes de uma prensa, que pode ser manual ou hidráulica, onde ocorre a compactação. Após a moldagem, os tijolos são cuidadosamente retirados do molde e colocados sobre uma superfície plana e lisa, preferencialmente à sombra, para evitar deformações. A cura é um passo essencial do processo e deve ser realizada mantendo os tijolos úmidos pelos primeiros sete dias (eles são mantidos úmidos por um período de 7 a 28 dias), isso é necessário para garantir a hidratação completa do cimento, evitar fissuras e garantir a resistência adequada. Os tijolos só devem ser utilizados ou transportados após 14 dias da fabricação. O armazenamento e o transporte devem ser feitos com cuidado, sendo recomendada a utilização de paletes para evitar danos. Conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Processo de Fabricação



Fonte: própria (2025).

2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O desempenho do tijolo de solo-cimento como componente construtivo é diretamente influenciado por suas propriedades físicas e mecânicas, que são determinadas pela correta dosagem dos materiais, conhecida como traço, e pela obediência às especificações normativas (Grande, 2003). As características mais relevantes para sua aplicação segura e durável são a resistência à compressão e a absorção de água, ambas regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

2.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão é a propriedade mecânica fundamental que avalia a capacidade de um tijolo suportar cargas, sendo um parâmetro essencial para garantir a segurança estrutural da alvenaria (Grande, 2003). A ABNT Nbr 8491: 2012, voltada para tijolos sem função estrutural, estipula que a média dos valores de resistência à compressão da amostra não pode ser inferior a 2,0 MPa, e nenhum valor individual pode ser menor que 1,7 MPa, em ensaios realizados com no mínimo sete dias de idade (ABNT Nbr 8491, 2012a).

Para o emprego em alvenaria estrutural, os tijolos de solo-cimento devem atender a especificações mais rigorosas. Embora a ABNT Nbr 8491:2012 se aplique a tijolos sem função estrutural, a literatura técnica e acadêmica valida o uso do material para fins portantes, desde que seus parâmetros sejam elevados (Grande, 2003). Nesse caso, a resistência à compressão mínima exigida sobe para 4,0 MPa. A composição também se altera, demandando uma maior proporção de cimento, geralmente entre 10% e 15% em massa, e a utilização de solos com maior coesão e baixa plasticidade para garantir o desempenho mecânico necessário. A tolerância dimensional também é mais restrita, limitada a ±1 mm, para assegurar o perfeito assentamento e a distribuição de cargas (ABNT Nbr 8491, 2012).

O método para a realização deste ensaio é padronizado pela ABNT Nbr 8492:2012 – Tijolo de solo-cimento. O procedimento consiste em aplicar uma carga progressiva e uniforme sobre um corpo de prova preparado a partir do tijolo, utilizando uma prensa universal, até a sua ruptura. O resultado, expresso em megapascals (MPa), é obtido pela divisão da força de ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova.

2.5. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água é uma propriedade física que influencia diretamente a durabilidade do tijolo de solo-cimento, sua aderência com as argamassas e seu comportamento frente a variações de umidade. A ABNT Nbr 8491: 2012 estabelece que a média de absorção de água da amostra não deve ser superior a 20%, com valores individuais não excedendo 22% (ABNT Nbr 8491, 2012a).

O ensaio, detalhado na ABNT Nbr 8492: 2012, consiste em medir a massa de um corpo de prova seco em estufa e após ser mantido submerso em água por 24 horas. A absorção é expressa como a porcentagem de água que o tijolo absorveu em relação à sua massa seca.

2.6. DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O desempenho térmico de uma edificação é um fator importante para garantir o conforto dos usuários e a eficiência energética, reduzindo a dependência de sistemas de climatização artificial (Ferreira; Santos, 2020). Nesse contexto, o tijolo de solo-cimento apresenta propriedades térmicas vantajosas quando comparado a outros materiais convencionais, como o bloco de concreto (Silva; Oliveira, 2023). A análise de seu comportamento se baseia em propriedades como condutividade, transmitância e inércia térmica.

A composição do tijolo de solo-cimento confere a ele uma notável capacidade de inércia térmica, que é a propriedade de um material de absorver e liberar calor de forma lenta e gradual (Souza et al., 2022). Durante o dia, as paredes absorvem o calor do ambiente externo, mantendo o interior mais fresco; à noite, liberam o calor acumulado, contribuindo para um ambiente interno mais aquecido e termicamente estável (Souza et al., 2022). Em contrapartida, materiais de alta condutividade térmica, como o concreto, transmitem calor rapidamente, resultando em maiores variações de temperatura interna ao longo do dia (Almeida; Costa, 2021).

Consequentemente, estudos realizados em diferentes regiões do Brasil mostram que as edificações construídas com tijolo de solo-cimento apresentam um menor consumo de energia para climatização em comparação às edificações construídas com concreto (Ferreira; Santos, 2020).

Para uma análise quantitativa, aplicável a tijolos de solo-cimento com dimensões de 24x12x7 cm, estudo de Mansour et al (2016) indica os seguintes parâmetros:

Condutividade térmica (λ): varia entre 0,75 e 1,00 W/m·K, um indicador da capacidade do material de conduzir calor.

Transmitância térmica (U): apresenta um valor de 2,47 $W/m^2 \cdot K$, que mede a taxa de transferência de calor através da parede.

Atraso térmico (ϕ): estimado em aproximadamente 30,8 horas, representa o tempo que a onda de calor leva para atravessar o material.

A relevância dos dados de desempenho térmico para o clima de São Paulo é alta. Um atraso térmico de até 24 horas garante que o pico de calor externo não afete o interior da construção no mesmo dia. Isso resulta em temperaturas internas mais estáveis e agradáveis. A capacidade do tijolo de solo-cimento em armazenar calor o torna ideal para climas com variações diárias de temperatura moderadas, o que contribui para a eficiência energética e o conforto ambiental.

2.7. COMPOSIÇÃO E TRAÇOS

A definição do traço - proporção entre solo, cimento e água - é uma etapa indispensável, pois impacta diretamente as propriedades do produto final (Grande, 2003). A ABNT Nbr 10833: 2012 estabelece o procedimento para a dosagem, que deve ser ajustada conforme as características do solo local para se obter um traço econômico que atenda aos requisitos técnicos.

Não existe uma proporção fixa para o traço de solo-cimento (ABNT Nbr 10833, 2012). O traço deve ser determinado experimentalmente para cada tipo de solo. O procedimento, descrito na ABNT Nbr 10833:2012, envolve a moldagem de corpos de prova com diferentes teores de cimento para ensaios de resistência e absorção de água, conforme a ABNT Nbr 8492:2012. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. O objetivo é encontrar o traço mais econômico que satisfaça os requisitos da ABNT Nbr 8491:2012 – Tijolo de solo-cimento — Requisitos.

A versatilidade do material permite a incorporação de resíduos, visando a sustentabilidade e a otimização de propriedades. Diversos estudos exploram traços variados:

Sacramento (2016) investigou a adição de resíduo de marmoraria, utilizando um traço de referência de 1:7 (cimento:solo) e traços com o resíduo nas proporções de 1:4:3 e 1:3:4 (cimento:solo:resíduo) com substituição parcial do solo pelo resíduo de mármore. Os resultados, contudo, indicaram que a adição do resíduo não promoveu melhora na resistência à compressão dos tijolos.

Quintana et al. (2024) avaliaram a incorporação de resíduo cerâmico, aplicando substituições de 20% e 30% do solo em um traço base de 1:7 (cimento:solo). O estudo concluiu que, para o solo argiloso utilizado, a adição do resíduo de cerâmica resultou em baixas propriedades mecânicas, não atendendo aos requisitos normativos de resistência à compressão? e não trazendo os benefícios esperados.

Grande (2003), em sua pesquisa, analisou traços de 1:7, 1:10 e 1:13, além de misturas com adição de sílica ativa, evidenciando a busca por otimização do desempenho, demonstrando a ampla gama de composições possíveis para otimizar o desempenho do material.

2.8. EMISSÕES DE CO_2 POR TIPO DE MATERIAL CONSTRUTIVO

No caso do tijolo de solo-cimento, as emissões de CO_2 são significativamente menores, pois o processo de fabricação dispensa a queima, sendo que a cura ocorre a frio. A pegada de carbono está quase inteiramente associada à porcentagem de cimento utilizada na mistura e ao transporte dos materiais, que pode ser minimizado com a produção no local da obra (Müller, 2019).

Já no tijolo cerâmico, a principal fonte das emissões é a queima da argila em fornos a altas temperaturas (acima de 900 °C), processo que consome grandes quantidades de energia, muitas vezes de combustíveis fósseis (Lopes, 2004).

Por fim, no bloco de concreto, a maior parte da emissão (mais de 90%) vem da produção do cimento Portland, seu principal aglomerante. Este processo envolve a calcinação do calcário em altas temperaturas, que libera grandes volumes de CO_2 (SNIC, 2016). O

comparativo entre as taxas de emissão de CO_2 por material pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – Taxas de emissão de CO_2 por material

Material	Tijolo de Solo Cimento	Tijolo Cerâmico	Bloco de Concreto
Taxa de Emissão de CO_2	0,05 a 0,08 kg CO_2e / kg	0,18 a 0,35 kg CO_2e / kg	0,10 a 0,15 kg CO_2e / kg

Fonte: própria (2025) - (Schuster; Hipolito; Taboni Junior; Knaut; Correia e Correia, 2019).

Conforme observado na tabela 1, ressalta-se que o tijolo de solo-cimento se destaca como a opção de menor emissão de CO_2, pois o processo de queima é completamente eliminado. Já o tijolo cerâmico apresenta a maior pegada de carbono entre os três, principalmente devido ao seu processo de queima intensivo em energia. O bloco de concreto tem um impacto menor que o do bloco cerâmico, porém maior do que o do tijolo de solo- cimento. Suas emissões são quase totalmente ditadas pela quantidade e tipo de cimento em sua composição. A indústria cimenteira brasileira, no entanto, tem investido em adições ao cimento para reduzir a proporção de clínquer (o principal emissor) e, consequentemente, a pegada de carbono do produto (SNIC, 2016).

2.9. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS NA ALVENARIA COM TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

A análise de custos na construção civil transcende o preço unitário dos materiais, englobando fatores diretos e indiretos que impactam o orçamento total da obra. Sob essa ótica, o tijolo de solo-cimento apresenta um conjunto de vantagens que pode resultar em uma economia significativa em relação a sistemas construtivos convencionais (Grande, 2003; Quintana et al., 2024).

Devido à regularidade dimensional e ao acabamento estético que o tijolo prensado pode oferecer, a etapa de revestimento é frequentemente eliminada, o que diminui consideravelmente os gastos com argamassa e mão de obra, algumas das maiores economias na obra (Grande, 2003). Outro ponto de economia direta está na execução das instalações, já que os furos presentes nos tijolos modulares funcionam como condutores para as instalações elétricas e hidráulicas, evitando a quebra de paredes e, por conseguinte, minimizando a geração de entulho e os custos associados ao seu descarte (Grande, 2003).

Em relação aos custos indiretos, o sistema modular com tijolos de solo-cimento contribui para a redução do tempo de construção. A facilidade de manuseio e o sistema de encaixe agilizam a execução da alvenaria, otimizando a produtividade da mão de obra (Grande, 2003). Adicionalmente, o bom desempenho termoacústico do material pode diminuir os custos operacionais da edificação ao longo de sua vida útil, reduzindo a necessidade de climatização artificial e, consequentemente, o consumo de energia (Grande, 2003).

A economia gerada pela dispensa de revestimentos, pela racionalização das instalações e pela otimização do cronograma são fatores que frequentemente compensam o investimento inicial, tornando-o uma alternativa competitiva e alinhada a projetos que valorizam a sustentabilidade e a eficiência (Quintana et al., 2024; Grande, 2003).

Na tabela 2, é apresentado um comparativo entre preços para os diferentes materiais utilizados no setor da construção civil.

Tabela 2 – Comparativo de preços por material[1]

Material	Tijolo de Solo Cimento	Tijolo Cerâmico	Bloco de Concreto
Dimensões	24x12x7 cm	19x14x9 cm	39x19x14 cm
Preço (Milheiro)	R$ 1.800,00	R$ 719,90	R$ 3.120,00
Preço Milheiro (in Loco)	R$ 710,00	Não da para fazer in loco	Não da para fazer in loco
Reboco	--	30mm	20mm
Precisa de Reboco?	Não	Sim	Não
Quantidade de Tijolos por m²	59,5 ≅ 60	58,4 ≅ 59	18,2 ≅ 19
Preço por m² (milheiro/1000)	R$ 108,00	R$ 42,47	R$ 59,28
Preço por m² in loco	R$ 42,60	--	--

Fonte: própria (2025) - (Rodrigues; Pereira, 2018); (Tijolo, 2023).

2.10. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

Como pôde ser observado, a adoção do tijolo de solo-cimento em projetos de construção civil oferece uma série de vantagens, sobretudo em termos de sustentabilidade, economia e desempenho. A principal vantagem reside no seu processo de fabricação de baixo impacto ambiental, que não exige a queima em fornos, um procedimento que é obrigatório no caso de tijolos cerâmicos convencionais que consome energia e emite CO_2 (Lopes; Amaral, 2004; Sacramento, 2016). A possibilidade de usar solo do próprio local da obra reduz a pegada de carbono associada ao transporte (Grande, 2003). A tecnologia também permite a incorporação de resíduos, como apresentado nos estudos de Sacramento (2016) e Quintana et al. (2024), tornando-a uma prática ecologicamente correta e com potenciais de aprimoramento.

Além disso, a racionalização na obra por meio do emprego de um sistema modular pode resultar em uma economia de 20% a 40% no custo final da construção em comparação com métodos convencionais (Sebrae, 2019 apud Quintana et al., 2024).

Apesar das vantagens, a aplicação do tijolo de solo-cimento apresenta limitações que exigem atenção. Uma das principais desvantagens é a dependência de um rigoroso controle de qualidade, principalmente na seleção do solo e no processo de cura. O uso de solos inadequados, com alta plasticidade ou excesso de matéria orgânica, representa uma limitação significativa e pode exigir correções, aumentando a complexidade e o custo do processo (Quintana et al., 2024). A cura inadequada, que não mantém a umidade necessária nos primeiros dias, pode comprometer a hidratação do cimento, resultando em peças frágeis ou com fissuras de retração (Grande, 2003).

Outro ponto é a disponibilidade no mercado. A capacidade produtiva do tijolo de solo-cimento, quando comparada à do tijolo cerâmico convencional, pode não ser suficiente para suprir a demanda da construção civil em larga escala (Morais et al., 2014 apud Sacramento, 2016). Além disso, o custo unitário do tijolo pode ser mais elevado, e ele requer maior precisão no assentamento para garantir o alinhamento, especialmente em obras com tijolo aparente.

Na tabela 3, são apresentadas algumas características do tijolo de solo-cimento em

[1] Preços médios dos materiais no ano de 2025.

relação a outros materiais que podem ser utilizados como vedação.

Tabela 3 – Comparativo entre o tijolo de solo-cimento em relação ao tijolo cerâmico convencional e ao bloco de concreto – vantagens e desvantagens

Vantagens e Desvantagens		
Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)	**Tijolo Cerâmico Convencional (Baiano/Furado)**	**Bloco de Concreto**
· Suporta mais cargas do que o tijolo cerâmico, pode ser feito in loco, evitando problemas e emissões de CO2 no transporte.	· Fragilidade: maior índice de quebras durante o transporte e manuseio, gerando mais entulho.	· Alta Resistência e Durabilidade: suporta grandes cargas, ideal para construções robustas.
· Economia na Obra: furos internos permitem a passagem de instalações elétricas/hidráulicas sem quebrar paredes, reduzindo o desperdício e o uso de argamassa de assentamento e revestimento.	· Desperdício de Material: necessidade de quebrar paredes para embutir instalações.	· Dificuldade para Reformas: em alvenaria estrutural, a remoção de paredes é complexa e limitada.
· Conforto Térmico: bom isolamento devido à massa e aos furos internos.	· Bom Isolamento Térmico: os furos internos e as propriedades da cerâmica ajudam a manter a temperatura interna estável.	· Isolamento Térmico Inferior: tende a absorver e transmitir mais calor que o tijolo cerâmico.
· Conforto Acústico: bom isolamento devido à massa e aos furos internos.	· Isolamento Acústico: inferior ao do bloco de concreto.	· Bom Isolamento Acústico: sua densidade ajuda a barrar o som.
· Custo Unitário: pode ser mais caro que o tijolo cerâmico.	· Custo Unitário Baixo: geralmente o mais barato por unidade.	· Custo Unitário Elevado: geralmente o mais caro entre os três.
· Disponibilidade: menor número de fornecedores em comparação com o tijolo cerâmico.	· Leveza: facilita o transporte e manuseio, reduzindo a carga sobre a estrutura.	· Peso Elevado: exige mais esforço no manuseio e pode requerer fundações mais robustas.
· Estética: acabamento regular permite deixá-lo aparente.	· Menor Regularidade Dimensional: exige camadas mais espessas de reboco para correção.	· Regularidade Dimensional: peças padronizadas que agilizam a construção, geram menos desperdício e facilitam o acabamento com camadas finas de revestimento.
· Mão de obra: requer maior precisão no assentamento para garantir o alinhamento, especialmente em obras com tijolo aparente.	· Mão de obra: material amplamente conhecido e utilizado no mercado.	· Mão de obra e rapidez na execução: blocos maiores permitem elevar paredes mais rapidamente.
· Sustentabilidade: não exige queima em fornos, reduzindo a emissão de CO_2.	· Exige queima em fornos: consome uma grande quantidade de energia, muitas vezes proveniente de combustíveis fósseis.	· Suas emissões de CO_2 vem da produção do cimento.

Fonte: própria (2025).

2.11. APLICAÇÕES E PROJETOS

As potencialidade e aplicações do tijolo solo-cimento na construção civil abrangem desde alvenarias de vedação até elementos com capacidade autoportante, sendo sua adequação para cada finalidade regida por critérios técnicos estabelecidos em normas brasileiras (Grande, 2003; Quintana et al., 2024).

Uma das principais aplicações dos tijolos de solo-cimento está na execução de alvenarias, empregadas em residências, edifícios comerciais e industriais. Conforme a finalidade, a alvenaria pode ser classificada como simples (de vedação) ou estrutural. Para a execução de alvenaria sem função estrutural, os componentes devem atender aos requisitos da ABNT Nbr 8491: 2012. (ABNT Nbr 8491, 2012).

Além do mais, os tijolos de solo-cimento são amplamente utilizados em projetos com focos específicos, como por exemplo:

Habitações de Interesse Social (HIS): o material é uma solução viável para projetos habitacionais de baixo custo, especialmente em zonas rurais, onde o uso do solo local como principal matéria-prima reduz significativamente os custos com transporte e material em comparação com alternativas convencionais (Grande, 2003).

Construções sustentáveis: seu processo produtivo se destaca por não exigir a queima em fornos, um passo obrigatório na fabricação de tijolos cerâmicos, o que reduz o consumo de energia e a emissão de gases de efeito estufa (Quintana et al., 2024; Sacramento, 2016).

Infraestrutura e obras rurais: sua aplicabilidade se estende a projetos de infraestrutura, como valetas de drenagem e revestimentos de canais, particularmente em áreas isoladas onde a produção pode ser realizada *in loco* (Grande, 2003).

Sua versatilidade permite sua utilização tanto como elemento de vedação quanto como componente estrutural, destacando-se como uma alternativa econômica e de menor impacto ambiental para a construção civil. (Grande, 2003; Quintana et al., 2024; Sacramento, 2016).

Para fins de comparação, estes dados de aplicações estão representados na tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo entre o tijolo de solo-cimento em relação ao tijolo cerâmico convencional e ao bloco de concreto – algumas aplicações

Principais Aplicações		
Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)	Tijolo Cerâmico Convencional (Baiano/Furado)	Bloco de Concreto
• Alvenaria de vedação e, até mesmo, estrutural para edificações de pequeno porte (até 2 pavimentos).	• Alvenaria de Vedação: principal uso, para fechamento de vãos e divisão de ambientes em estruturas de concreto armado ou metálicas.	• Alvenaria de Vedação: para fechamento de grandes vãos em edifícios comerciais e industriais.
• Construções rurais (galpões, aviários).	• Alvenaria Estrutural: modelos específicos (bloco cerâmico estrutural) para paredes que suportam cargas.	• Alvenaria Estrutural: principal uso, ideal para edifícios de múltiplos andares, dispensando o uso de pilares e vigas.
• Habitações de Interesse Social (HIS).	• Tijolos maciços para detalhes arquitetônicos, áreas de churrasqueira e lareiras.	• Muros de arrimo e de divisa.
• Paredes com tijolo à vista (valorização estética).	-	• Fundações e paredes de subsolo.
• Bioconstrução e projetos com apelo sustentável.	-	• Pavimentação: blocos intertravados (pavers) para calçadas, ruas e pátios.

Fonte: própria (2025).

A seguir, são apresentados alguns exemplos de aplicações de tijolos de solo-cimento em projetos de arquitetura, evidenciando aplicações e potencialidades.

2.11.1. CASA MP / TAGUÁ ARQUITETURA

Localizada em Cabreúva, a Casa MP, projetada pelo escritório Taguá Arquitetura, destaca-se pelo uso do tijolo de solo-cimento como elemento central de sua concepção, que une preceitos de sustentabilidade a uma estética de inspiração brutalista. No projeto, o material é empregado em sua dupla funcionalidade: estrutural, compondo as paredes portantes da edificação, e estética, com as fiadas de tijolos aparentes que marcam as superfícies internas e externas.

A materialidade do tijolo é explorada como principal acabamento, criando um diálogo visual com outros elementos brutos, como o concreto e a madeira. As imagens do projeto revelam como a textura e a coloração do solo-cimento contribuem para a atmosfera acolhedora dos ambientes internos, enquanto a representação gráfica em corte evidencia a solução estrutural e a modulação adotada.

2.11.2. CASA ITATIBA / 24.7 ARQUITETURA

A residência projetada pelo escritório 24.7 Arquitetura, em Itatiba, utiliza o tijolo ecológico como um componente chave para alcançar a integração com a natureza e o alto desempenho energético. O projeto explora a capacidade do material de proporcionar conforto térmico, uma característica que, aliada a outras estratégias de ventilação e

iluminação natural, visa reduzir a necessidade de consumo de energia elétrica com climatização artificial.

Visualmente, a obra contrapõe a rusticidade e a cor quente do tijolo de solo-cimento aparente com a leveza de estruturas metálicas e grandes panos de vidro. Esse contraste confere uma linguagem arquitetônica sofisticada e contemporânea, onde o material ecológico é protagonista tanto no fechamento das alvenarias quanto em detalhes internos, como na caixa de escada.

2.11.3. RESIDÊNCIA VARGEM GRANDE / AYAKO E ZEBULUN ARQUITETURA

Projetada por Ayako e Zebulun arquitetura em Vargem Grande Paulista, esta residência explora o uso de tijolos de solo-cimento industrializados, o que garante maior precisão dimensional e um acabamento uniforme. O material é mantido aparente tanto nas fachadas externas quanto nos ambientes internos, servindo como principal elemento de acabamento e identidade visual do projeto.

As imagens da obra mostram a pureza estética alcançada com os tijolos aparentes, que se integram de forma harmônica à paisagem e aos outros materiais, como vidro e concreto. De particular interesse são os detalhes construtivos, que ilustram a representação técnica do encontro da alvenaria de solo-cimento com a estrutura da cobertura, evidenciando o rigor no detalhamento do projeto e como é especificado para a execução.

3. CONCLUSÃO

Este capítulo buscou evidenciar o tijolo de solo-cimento como uma alternativa para a construção sustentável, analisando suas potencialidades e aplicações à luz da literatura técnica e das normativas vigentes. O capítulo mostrou que, para além de um material de construção, o tijolo de solo-cimento representa um sistema construtivo que integra preocupações ambientais, econômicas e sociais, alinhado aos desafios contemporâneos da construção civil.

Ao longo do estudo, confirmou-se que a principal vantagem do material reside em seu processo de fabricação de baixo impacto ambiental, que dispensa a queima em fornos e possibilita o uso de solo local, reduzindo emissões de CO_2 e custos de transporte. Verificou-se também que a viabilidade do tijolo depende de um rigoroso controle tecnológico, iniciando pela correta seleção do solo, que deve atender aos parâmetros granulométricos e de plasticidade definidos na ABNT Nbr 10833:2012. O processo de cura úmida emergiu como uma etapa crítica, sendo fundamental para garantir a hidratação do cimento e, consequentemente, a resistência e durabilidade do componente.

Os estudos sobre a incorporação de resíduos revelam um campo promissor para a sustentabilidade, embora os resultados indiquem que tais adições podem afetar negativamente a resistência à compressão, sinalizando a necessidade de dosagens criteriosas. Em termos econômicos, foi possível constatar que, embora o custo unitário do tijolo possa ser maior, a economia no custo global da obra é significativa, impulsionada pela redução de argamassa de assentamento e pela dispensa de revestimentos.

Portanto, conclui-se que o tijolo de solo-cimento se consolida como uma solução promissora e diversificada para uma construção mais sustentável. Sua eficácia, contudo, não é inerente apenas ao material, mas está condicionada à aplicação correta da

tecnologia, desde a caracterização da matéria-prima até a execução da alvenaria. Quando produzido e empregado de acordo com as boas práticas e as normas técnicas, o material contribui significativamente para a racionalização de recursos, a redução de impactos ambientais e a viabilização de projetos de baixo custo, como os de interesse social.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 4

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 3 p.

[4] ALMEIDA, J. C.; COSTA, M. A. **Conforto térmico em edificações: estudo comparativo entre tijolo de solo-cimento e concreto.** Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 10, n. 2, p. 123-138, 2021.

[5] ARQUITETURA, 24.7. **Casa Itatiba / 24.7** Arquitetura. ArchDaily Brasil, 2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/980057/casa-itatiba-24-7-arquitetura. Acesso em: 5 fev. 2025.

[6] AYAKO E ZEBULUN ARQUITETURA. **Casa Vargem Grande / Ayako e Zebulun arquitetura**. ArchDaily Brasil, 2023. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/1010485/casa-vargem-grande-ayako-e-zebulun- arquitetura. Acesso em: 5 fev. 2025.

[7] FERREIRA, R. S.; SANTOS, L. M. **Desempenho energético de edificações construídas com tijolo de solo-cimento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2020. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2020. p. 456-467.

[8] GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

[9] LOPES, S. C. P.; AMARAL, M. A. **Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água.** Cerâmica, v. 50, n. 316, p. 441-447, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ce/a/8kBZNSFJJFFmnRzrQppXtPL/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 17 jun. 2025.

[10] MANSOUR, N. S.; FIKRY, M. A.; AHMED, A. M. **Calculated dynamic thermal properties of the soil-cement blocks**. International Journal of Civil & Environmental Engineering, IJCEE-IJENS, v. 16, n. 4, p. 1-6, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272070186_Calculated_dynamic_thermal_pr operties_of_the_soil-cement_blocks. Acesso em: 7 abr. 2025.

[11] MÜLLER, S. et al. **Emissões de CO2 na casa popular eficiente e o emprego de materiais alternativos.** In: Encontro latino-americano e europeu de edificações e comunidades sustentáveis, 2019, Santa Fé. Anais eletrônicos... Santa Fé: UFSM, 2019. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/434/2020/08/EURO_ELECS_2019_paper_231.pdf. Acesso em: 16 jun. 2025.

[12] QUINTANA, Luíse Lence et al. **Aproveitamentos de resíduos da construção civil na produção de tijolos solo-cimento**. Observatório de la Economía Latinoamericana, Curitiba, v. 22, n. 9, p. 1-28, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383840215_Aproveitamentos_de_residuos_ da_construcao_civil_na_producao_de_tijolos_solo-cimento. Acesso em: 2 out. 2024.

[13] RODRIGUES, E. F.; PEREIRA, C. L. **Análise econômica do uso do tijolo de solo- cimento em construções residenciais.** Revista de Custos e Gestão na Construção Civil, v. 8, n. 1, p. 78-92, 2018.

[14] ROTTA, Mariana; BRUGNOLO, Thiago. **Casa MP / Taguá Arquitetura**. ArchDaily Brasil, 2021.

Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/961858/casa-mp-tagua- arquitetura. Acesso em: 5 fev. 2025.

[15] SACRAMENTO, Jaire dos Santos. **Confecção de tijolos ecológicos utilizando resíduo de marmoraria**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190314175738_2016.1_-TCC_Jaire_Dos_Santos_Sacramento-_Confeco_De_Tijolos_Ecolgicos_Utilizando_Resduo_De_Marmoraria.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.

[16] SILVA, M. R.; OLIVEIRA, P. H. **Desempenho térmico de edificações construídas com tijolo de solo-cimento.** Revista de Engenharia Civil, v. 15, n. 4, p. 567-582, 2023.

[17] SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Estratégias para mitigação do CO_2 na cadeia produtiva do concreto.** [S. l.]: IBRACON, 2016. Disponível em: http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/pdfs/revista95.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

[18] SOUZA, G. A. et al. **Propriedades térmicas do tijolo de solo-cimento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS, 2022. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2022. p. 1234-1245.

[19] SCHUSTER, Bruna Schmitt; HIPOLITO, Vinicius Milhan; TABONI JUNIOR, Luiz Roberto; KNAUT, Beatriz Falco; CORREIA, Juliana Elisabete; CORREIA, Juliana Elisabete. **Comparativo entre sistemas construtivos para a quantificação de emissão de CO2**. In: 2° Congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustntabilidade, 2., 2019, Foz do Iguaçu. Congresso. Foz do Iguaçu: Ibeas, 2019. p. 1-10. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/I-088.pdf. Acesso em: 10 maio 2025

[20] TIJOLO BRASIL. **Preço do Tijolo Ecológico x Tijolo Tradicional**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://tijolobrasil.com.br/construcao/preco-do-tijolo-ecologico- atualizado-2025/Acesso em: 22 nov. 2023.

Capítulo 9

Índice de sustentabilidade de um sítio agroecológico localizado no município de Santa Rosa - RS

André Luís Bonfada
Darcione Spolaor
Josnei Machry Weber
Alcione Aparecida de Almeida Alves
Aline Raquel Müller Tones

Resumo: A sustentabilidade, enquanto horizonte civilizatório, impõe-se como exigência urgente diante das crises socioambientais contemporâneas. Nesse contexto, a agricultura familiar desempenha papel central na produção de alimentos saudáveis, na conservação ambiental e na promoção de territórios mais justos. O presente estudo teve como objetivo avaliar os índices de sustentabilidade ambiental e econômica de uma unidade produtiva agroecológica certificada, que também desenvolve atividades de turismo rural pedagógico. Adotou-se o delineamento de estudo de caso, tendo como unidade de análise um Sítio Agroecológico, localizado na zona rural de Santa Rosa - RS. A coleta de dados foi realizada por meio de visita técnica com observações sistemáticas e assistemáticas, complementada por análise documental. Os resultados revelaram desempenho satisfatório em ambas as dimensões avaliadas: o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) foi de 2,75, enquanto o Índice de Sustentabilidade Econômica (ISE) atingiu 2,83, ambos em uma escala de 1 a 3. O Índice Geral de Sustentabilidade (IGS) foi de 2,79, classificando a propriedade no patamar desejável de sustentabilidade. Esses dados evidenciam a viabilidade de modelos produtivos baseados na agroecologia, na certificação participativa e na integração entre produção e educação ambiental.

Palavras-Chave: Turismo rural, Agroecologia, Agricultura familiar, Políticas Públicas.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável, tal como formulado no relatório "*Nosso Futuro Comum*" (CMMAD, 1991), consolidou-se como marco epistemológico e normativo na construção de paradigmas que articulam crescimento econômico, equidade social e integridade ecológica. Nessa perspectiva, o desenvolvimento sustentável é compreendido como um processo orientado para a melhoria das condições de vida humanas, em consonância com os limites ecológicos do planeta, promovendo uma integração duradoura entre as dimensões ambiental, social, cultural e econômica. Segundo Louback *et al.*, (2023), essa perspectiva abarca não apenas a preservação dos recursos naturais, mas também a qualidade de vida das comunidades e a valorização econômica dos sistemas produtivos sustentados por princípios ecológicos.

Embora inicialmente ancorado em uma perspectiva conciliatória entre progresso e preservação, esse referencial tem sido tensionado por abordagens críticas que denunciam os limites do modelo desenvolvimentista convencional e suas implicações socioambientais, especialmente no setor agroalimentar (Aquino; Passini; Cadore, 2021). Nesse sentido, a sustentabilidade ambiental emerge como condição fundamental para que as práticas produtivas respeitem a capacidade de regeneração dos ecossistemas, assegurando a continuidade da vida em suas múltiplas formas. Para Aquino, Passini e Cadore (2021), a sustentabilidade se manifesta, de modo especial, em práticas como a agricultura orgânica certificada, que alinham produção alimentar, conservação ambiental e os compromissos assumidos na Agenda 2030.

Essas reflexões são aprofundadas por Lopes e Sturza (2022), ao enfatizarem a necessidade de instrumentos de avaliação que sejam capazes de mensurar, de maneira integrada, os impactos ecológicos e socioculturais dos sistemas agrícolas. Tais instrumentos reforçam a ideia de que a sustentabilidade na agricultura familiar não pode ser dissociada dos princípios da justiça ambiental e da equidade territorial.

É, sobretudo, diante da intensificação da degradação ambiental associada ao modelo de agricultura convencional - historicamente centrado no uso intensivo de insumos sintéticos e na maximização da produtividade - que repousa o embrião da busca por alternativas que articulem produção alimentar, justiça social e conservação ecológica (Fontoura et al., 2024). a agroecologia afirma-se não apenas como um sistema produtivo alternativo, mas como um paradigma contra-hegemônico de sociabilidade científica e política, que propõe uma ruptura com os padrões tradicionais de desenvolvimento rural.

Sustentada por princípios éticos, políticos e epistemológicos voltados à justiça socioambiental, a agroecologia reposiciona o debate sobre sustentabilidade no campo. Bauman (2008) contribui com essa discussão ao afirmar que a sustentabilidade, enquanto projeto civilizatório, demanda uma inflexão paradigmática profunda, capaz de superar a lógica instrumental da racionalidade econômica dominante. Tal transformação exigiria a reconfiguração dos sistemas produtivos em conformidade com os limites ecológicos do planeta, assegurando os direitos e a dignidade de todas as formas de vida — humanas e não humanas —, com base em uma ética da responsabilidade intergeracional e interespécies.

A produção orgânica e agroecológica, nesta toada, além de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, tem se mostrado eficaz na promoção da saúde dos trabalhadores rurais, no fortalecimento da soberania alimentar e na valorização dos saberes locais (Aquino; Passini; Cadore, 2021; Louback et al., 2023). Tais práticas ganham relevância especial quando associadas a estratégias de turismo rural sustentável

(Birkhahn et al., 2022), como o agroecoturismo, que ampliam a visibilidade das experiências agroecológicas, diversificam as fontes de renda e promovem a educação ambiental junto a visitantes e comunidades (Fernández, 2024; Falcones; Cevallos; Plaza, 2024).

Dentro dessa perspectiva, a construção de indicadores de sustentabilidade para áreas de produção agrícola, sobretudo em sistemas orgânicos certificados, revela-se não apenas uma exigência metodológica, mas uma necessidade epistemológica e política. A complexidade inerente aos sistemas agroecológicos exige abordagens avaliativas que vão além de métricas convencionais, incorporando a pluralidade de elementos que compõem a realidade socioambiental dos territórios rurais. Como ressaltaram Louback *et al.*, (2023), os indicadores devem ser concebidos de maneira sistêmica, integrando dimensões como ecologia da paisagem, qualidade ambiental (atmosfera, solo e água), valores socioculturais, valores econômicos e gestão. Essa abordagem holística permitiria, para os autores, aferir com maior precisão a sustentabilidade dos sistemas produtivos, identificando não apenas seus impactos ecológicos diretos, mas também seus efeitos sobre a dinâmica social, a cultura local e a autonomia dos agricultores e agricultoras.

É nesse horizonte que se insere a presente pesquisa, centrada na análise de um Sítio Agroecológico, localizado na zona rural de Santa Rosa - RS. A propriedade é reconhecida pelo seu compromisso com a produção orgânica certificada1 e pelas iniciativas de turismo rural de base educativa e solidária. Para fins de simplificação terminológica, a unidade produtiva será doravante referida apenas como Sítio Agroecológico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem metodológica adotada neste estudo fundamenta-se na integração entre análise empírica *in loco* e referenciais teóricos consolidados na literatura sobre sustentabilidade agroecológica, agricultura familiar e sistemas de certificação orgânica. Trata-se de uma investigação de natureza qualitativa, orientada por uma perspectiva compreensiva e interpretativa, que privilegia a complexidade dos sistemas socioecológicos e a singularidade dos territórios rurais.

A escolha metodológica recaiu sobre o estudo de caso único, aplicado ao Sítio Agroecológico em análise, localizado na zona rural de Santa Rosa - RS. Este delineamento é justificado pela relevância da propriedade como unidade produtiva certificada pelo Sistema Participativo de Garantia (SPG), articulando práticas agroecológicas, circuitos curtos de comercialização e iniciativas de turismo rural pedagógico. O caso foi selecionado por sua expressiva representatividade no contexto da agricultura familiar agroecológica do noroeste gaúcho.

A coleta de dados foi realizada por meio de um estudo de caso na propriedade agroecológica, envolvendo observações sistemáticas e assistemáticas e análise documental. As observações focalizaram a rotina do Sítio Agroecológico, os fluxos produtivos, as práticas de manejo e os dispositivos de interação com o público visitante.

[1] O empreendimento é certificado pelo Sistema Participativo de Garantia - SPG, que tem como base o processo de geração de credibilidade baseado na participação solidária de todos os segmentos interessados em assegurar a qualidade do produto final e do processo de produção. Este processo resulta de uma dinâmica social que surge a partir da integração entre os envolvidos com a produção, consumo e divulgação dos produtos a serem certificados (MAPA, 2008).

A análise documental envolveu registros internos, certificados de conformidade orgânica e materiais de divulgação institucional.

A avaliação da sustentabilidade concentrou-se em duas dimensões analíticas — *ambiental* e *econômica* — metodologia adaptada dos marcos conceituais de Sachs (2002), Agenda 2030 (ONU, 2015) e os critérios propostos por Lopes e Sturza (2022) e Louback *et al.* (2023). Para a *dimensão ambiental*, foram considerados indicadores como diversidade de culturas, uso de adubação verde, controle biológico, cobertura do solo, manejo de água, uso de insumos, gestão de resíduos, proteção da biodiversidade, entre outros. Na *dimensão econômica*, os indicadores contemplaram acesso a políticas públicas, formas de comercialização, organização do trabalho, infraestrutura produtiva, assistência técnica e participação em redes de cooperação.

Cada indicador foi mensurado com base em parâmetros previamente definidos, utilizando-se uma escala ordinal de três níveis (1 a 3), na qual: (i) 1 representa um grau crítico de sustentabilidade; (ii) 2, um grau aceitável; e (iii) 3, um grau desejável de sustentabilidade. A média dos *escores* obtidos permitiu a formulação de dois índices compostos[2]: o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) e o Índice de Sustentabilidade Econômica (ISE), conforme metodologia adaptada de Aquino, Passini e Cadore (2021) e Fontoura *et al.* (2024). A articulação entre esses índices possibilitou a construção de um Índice Geral de Sustentabilidade (IGS) da propriedade, servindo como ferramenta analítica para avaliação integrada da viabilidade ecológica e econômica do sistema produtivo.

Esta sistematização foi orientada por um referencial epistemológico que compreende a sustentabilidade como processo dinâmico e territorializado, em que práticas produtivas, relações sociais e governança local se entrelaçam. O Sítio Agroecológico foi, portanto, analisado não apenas como unidade de produção, mas como lócus de inovação social, resistência cultural e construção de alternativas ao modelo hegemônico de desenvolvimento rural. Nesse contexto, a certificação SPG foi compreendida como expressão concreta de uma ética colaborativa que se opõe à lógica mercantilizada da "modernidade líquida" criticada por Bauman (2008), favorecendo vínculos de confiança, corresponsabilidade e autonomia produtiva.

2.1. CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO

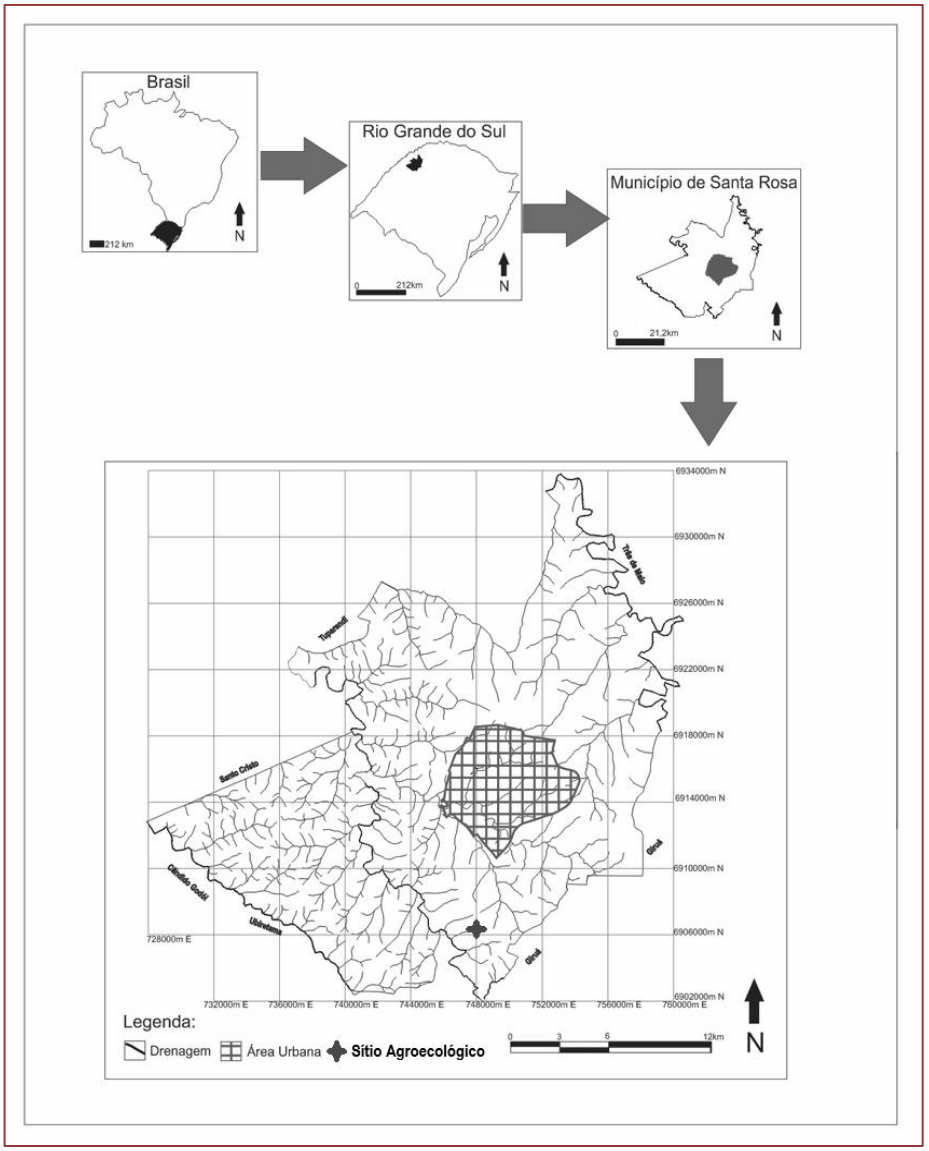
O Sítio Agroecológico, objeto desse estudo, localiza-se na comunidade de Rincão do Souza, zona rural do município de Santa Rosa, no noroeste do Rio Grande do Sul, a aproximadamente 12 km do centro urbano. Com uma área total de 14,7 hectares, a propriedade é conduzida por um grupo familiar composto pelo casal de proprietários e um de seus filhos. A família estabeleceu-se no local há cerca de 37 anos, inicialmente desenvolvendo atividades agrícolas sob manejo convencional. Ao longo do tempo, motivados por vivências pessoais e experiências profissionais vinculadas à área ambiental, iniciaram um processo de transição agroecológica, gradualmente estruturado em torno dos princípios de sustentabilidade ecológica, autonomia produtiva e justiça socioambiental.

[2] Após a atribuição das pontuações (1 a 3) a cada parâmetro, o Índice de Sustentabilidade foi calculado pela média dos escores, seguindo a classificação: (1,0 a 1,6) grau crítico de sustentabilidade (práticas insuficientes ou impactos significativos); (1,7 a 2,3) grau aceitável de sustentabilidade (práticas parcialmente alinhadas com critérios socioambientais); (2,4 a 3,0) grau desejável de sustentabilidade (práticas exemplares, integração equilibrada entre produção e conservação).

A partir de 2013, o Sítio Agroecológico intensificou a adoção de práticas sustentáveis, com destaque para a implantação de sistemas agroflorestais e a diversificação da produção, voltada à oferta de hortaliças, frutíferas e sementes crioulas. Essas ações não apenas ampliaram a resiliência do sistema produtivo como também reforçaram seu compromisso com a conservação ambiental e a promoção da biodiversidade funcional. O reconhecimento da propriedade como referência regional em agroecologia consolidou-se a partir da crescente interlocução com pesquisadores, estudantes e consumidores interessados em modelos alternativos de produção de base ecológica.

Desde 2018, o Sítio Agroecológico desenvolve atividades de turismo rural pedagógico, recebendo grupos de visitantes mediante agendamento prévio. A experiência inclui uma taxa de ingresso, com possibilidade de participação em vivências práticas e aquisição de produtos da propriedade, como sucos naturais e café colonial, preparados com insumos majoritariamente produzidos no local.

Figura 1 - Mapa de localização do empreendimento agroecológico



Fonte: Adaptado do Plano Diretor Municipal de Santa Rosa - RS, 2006.

Tal movimento de abertura ao público representou um desdobramento coerente com a trajetória de fortalecimento da agroecologia no sítio, ao articular produção, conservação e educação ambiental em uma perspectiva integradora. O contato direto com os visitantes permitiu não apenas a valorização dos saberes locais, mas também a construção de pontes entre o campo e a cidade, ampliando a consciência crítica sobre os modos de produção e consumo. Além disso, fortaleceu redes de solidariedade e de comercialização alternativa, pautadas em princípios éticos e ecológicos. Dessa forma, a dimensão pedagógica da experiência contribuiu para consolidar o sítio como espaço formativo e de incidência sociopolítica no território.

A comercialização dos excedentes ocorre por meio de canais diversos, como feiras locais, cooperativas, pontos fixos de venda na propriedade, além de eventos promovidos por entidades da região. A fidelização de um público consumidor consciente e engajado reforça o vínculo de confiança em torno da origem e qualidade dos produtos ofertados, cuja conformidade com os critérios da produção orgânica é assegurada desde 2014, por meio da certificação obtida via SPG.

O Sítio Agroecológico também participa de redes colaborativas, como a Comunidade que Sustenta a Agricultura (CSA), modelo baseado em pactos solidários entre produtores e consumidores, estruturado em torno da corresponsabilidade no processo de produção e consumo de alimentos saudáveis. Com essa trajetória, a propriedade se consolida como um espaço emblemático de inovação rural, articulando práticas produtivas sustentáveis, preservação ambiental e protagonismo comunitário no enfrentamento dos desafios da agricultura familiar no século XXI.

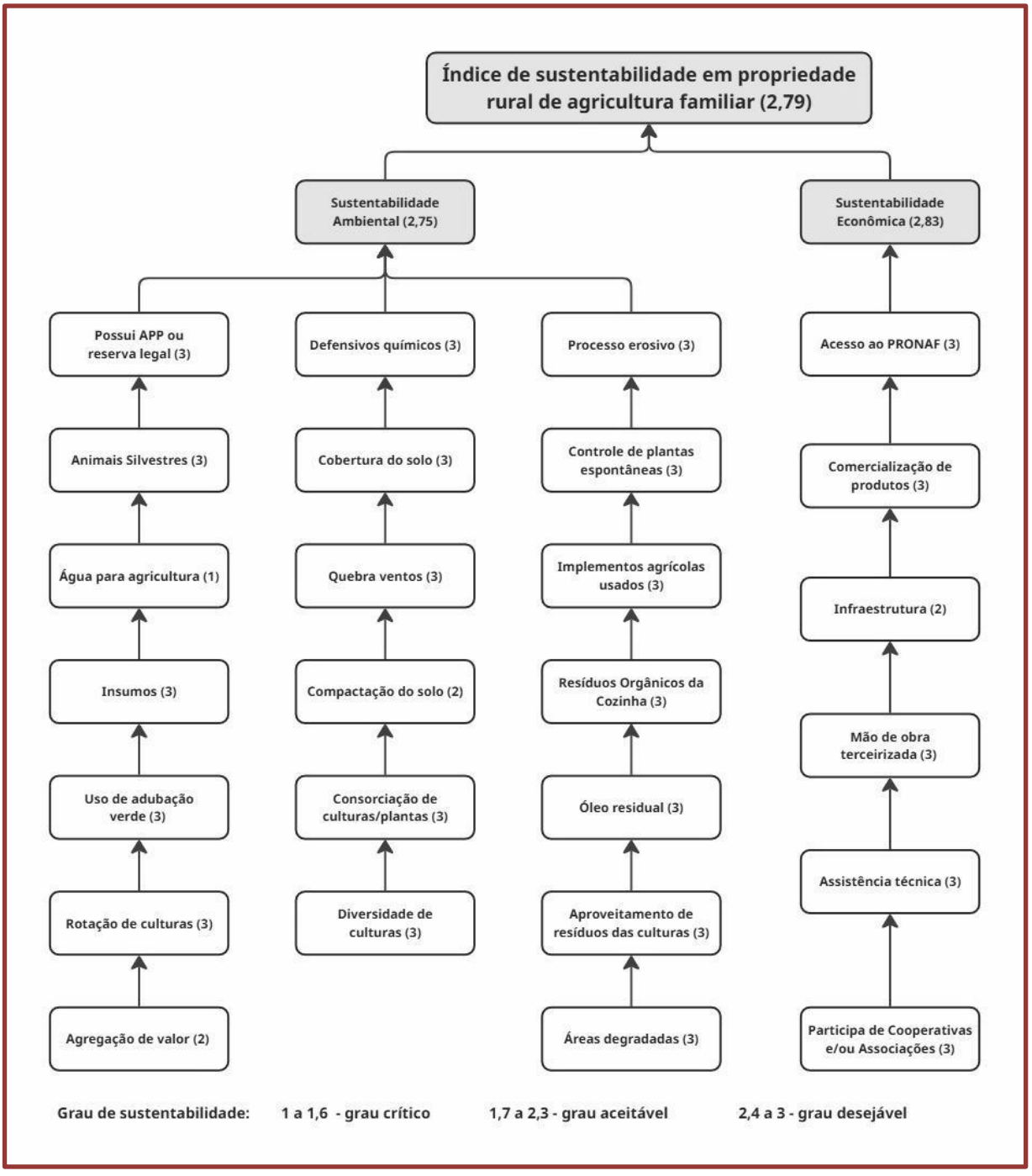
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da sustentabilidade do Sítio Agroecológico foi conduzida a partir da aplicação de um conjunto de indicadores distribuídos em duas dimensões analíticas: ambiental e econômica, conforme sistematização metodológica descrita anteriormente. A organização desta seção reflete essa estrutura, sendo os resultados apresentados e discutidos com base na média de pontuações atribuídas a cada indicador, segundo escala ordinal de avaliação.

A Figura 2 apresenta o fluxograma síntese dos resultados, permitindo visualizar a performance da propriedade em ambas as dimensões avaliadas que serão apresentadas separadamente na sequência.

A escolha por abordar as dimensões ambiental e econômica de maneira articulada, mas em seções específicas, visa evidenciar tanto os avanços quanto os desafios enfrentados pela unidade produtiva, respeitando sua complexidade interna e as inter-relações entre práticas produtivas, gestão territorial e inserção em mercados diferenciados. Ao final, um fluxograma resume graficamente os resultados alcançados, possibilitando uma visão integrada do desempenho da propriedade.

Figura 2 – Fluxograma de Indicadores e de Sustentabilidade avaliados no Sítio Agroecológico, Santa Rosa - RS



Fonte: Autores (2025).

3.1. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO SÍTIO AGROECOLÓGICO - AMBIENTAL

A mensuração da sustentabilidade em unidades produtivas agroecológicas representa um desafio teórico e metodológico, dada a multiplicidade de fatores envolvidos e a interdependência entre variáveis ecológicas e sociais. Ao contrário das abordagens reducionistas centradas exclusivamente na produtividade ou rentabilidade, a perspectiva

adotada neste estudo prioriza a avaliação integrada de indicadores que expressam a saúde do sistema agroecológico como um todo (Lopes; Sturza, 2022).

No caso do Sítio Agroecológico, os resultados obtidos na dimensão ambiental revelam um grau desejável de sustentabilidade (média de 2,75 em uma escala de 1 a 3), com destaque para práticas como a cobertura do solo ao longo do ano, uso exclusivo de defensivos naturais, presença de Áreas de Preservação Permanente (APP) (superior a 50% da área total), elevada diversidade de espécies cultivadas e consorciação de culturas em todos os sistemas produtivos como descrito por Sousa et al. (2022). Esses elementos, combinados à ausência de processos erosivos e ao uso de compostagem, refletem a solidez do manejo ecológico adotado na propriedade, em conformidade com princípios agroecológicos consagrados (Aquino; Passini; Cadore, 2021; Louback et al., 2023).

Entretanto, alguns aspectos sinalizam oportunidades de aperfeiçoamento, como a ausência de tratamento da água utilizada na irrigação, fator que obteve a pontuação mínima, e a utilização parcial de insumos minerais em determinados momentos. A presença residual de compactação do solo em pequenas áreas também sugere a necessidade de práticas mais robustas de regeneração, como a ampliação do uso de adubação verde ou a adoção de plantio direto adaptado a contextos agroecológicos (Abranches et al., 2021).

A presença de uma área de vegetação nativa com mais de 8 hectares, integrada a um sistema de trilhas ecológicas e barreiras vegetais multifuncionais, reforça o papel da propriedade como locus de conservação ativa da biodiversidade funcional e de prestação de serviços ecossistêmicos, o que corrobora os apontamentos de Costa (2022) sobre a importância de infraestrutura ecológica adaptativa para a mitigação de impactos da agricultura convencional circundante.

3.2. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO SÍTIO AGROECOLÓGICO- ECONÔMICA

A dimensão econômica da sustentabilidade do Sítio Agroecológico também apresentou um desempenho considerado desejável, com média de 2,83 na escala de avaliação, demonstrando que a unidade produtiva alcança níveis consistentes de viabilidade financeira, autonomia e inserção em mercados diferenciados. Esse resultado é especialmente expressivo quando se considera a centralidade da mão de obra familiar, a diversidade das fontes de renda e a capacidade de articulação em redes de cooperação e comercialização.

Destacam-se, entre os indicadores mais bem avaliados, a venda direta da produção em feiras, eventos e na própria propriedade, o que elimina intermediários e permite maior controle sobre a precificação, ampliando a margem de lucro dos produtores. Essa estratégia coaduna-se com a proposta de circuitos curtos de comercialização defendida por Silva e Nunes (2023), segundo os quais a comercialização direta favorece a construção de vínculos de confiança com os consumidores e fortalece a economia solidária.

Outro fator relevante é a participação ativa dos produtores em cooperativas e redes agroecológicas, como a Coopersol, a Rede Ecovida e a Cooperluz, o que potencializa o acesso a mercados e a recursos institucionais, além de ampliar o capital social e político da unidade produtiva. A obtenção de crédito via Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), bem como a assistência técnica recorrente prestada pela Emater - RS- Ascar, complementam esse quadro positivo (Guarino et al., 2021), demonstrando uma relação virtuosa entre o empreendimento familiar e as políticas

públicas de fomento à agricultura de base ecológica (Melo; Redin; Barbé, 2023; Maciel; Troian, 2022).

No entanto, a análise também identificou aspectos que limitam a expansão das atividades, como a infraestrutura física ainda incipiente para recepção de visitantes, armazenamento e beneficiamento da produção. Apesar da existência de um espaço de acolhimento e um museu de objetos históricos, a ampliação do turismo pedagógico e a agregação de valor à produção dependerão de investimentos futuros em instalações, energia alternativa e logística, conforme já apontado nas reflexões da seção metodológica.

A inexistência de mão de obra terceirizada é, simultaneamente, um ponto de força e de vulnerabilidade: ao mesmo tempo em que reforça a autonomia da família e o controle sobre os processos, implica alta exigência de dedicação pessoal, o que pode afetar a continuidade intergeracional das atividades produtivas, especialmente em contextos de escassez de tempo e lazer (Louback et al., 2023; Vian, 2020 apud Birkhahn, 2022).

3.3. SÍNTESE INTEGRADA DOS RESULTADOS

A partir da análise conjunta dos indicadores avaliados, o Sítio Agroecológico obteve um IGS de 2,79, posicionando-se no patamar desejável de sustentabilidade. Este resultado reflete a solidez das práticas agroecológicas adotadas, o engajamento com princípios de justiça ambiental e econômica, bem como a inserção em redes colaborativas que conferem resiliência aos sistemas produtivos de base familiar.

A análise dos dados evidenciou que a dimensão ambiental se encontra bem consolidada, com práticas alinhadas à conservação dos recursos naturais e à integridade ecológica do território. A dimensão econômica, por sua vez, revela uma estrutura organizacional eficiente, com estratégias de comercialização e associativismo que garantem renda e autonomia, mas que ainda demandam apoio estrutural para expansão e fortalecimento do turismo rural e da agregação de valor.

A complementaridade entre essas duas dimensões sustenta o entendimento de que a sustentabilidade não se reduz à aplicação de técnicas pontuais, mas resulta da articulação entre saberes locais, tecnologias sociais, cooperação comunitária e políticas públicas orientadas à diversidade dos territórios rurais. Assim, a propriedade não apenas responde aos critérios avaliativos do índice, como também oferece pistas concretas para o desenho de modelos alternativos de desenvolvimento rural, fundamentados na agroecologia crítica (Andrade; da Silva Lima, 2021) e na ética da corresponsabilidade.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo investigou a dinâmica da sustentabilidade no Sítio Agroecológico de uma unidade de agricultura familiar localizada em Santa Rosa, Rio Grande do Sul. Este esforço insere-se no debate contemporâneo sobre modelos agrícolas alternativos e a transição para sistemas alimentares mais resilientes e justos, que respeitem os limites ecossistêmicos e promovam a qualidade de vida no campo.

Os resultados obtidos indicam um desempenho positivo da propriedade, com um ISA de 2,75 e um ISE de 2,83, ambos em uma escala de 1 a 3. Tais escores situam a propriedade em um patamar desejável de sustentabilidade, refletindo a adoção consistente de práticas agroecológicas. Destacam-se, nesse sentido, a manutenção de uma expressiva APP, correspondente a 55% da área total, a conservação da agrobiodiversidade - incluindo um

valioso acervo de sementes crioulas -, a implementação de sistemas de rotação e consorciação de culturas, o manejo integrado de resíduos orgânicos e a completa ausência de defensivos químicos sintéticos.

A sinergia entre a produção orgânica e o turismo rural pedagógico configura-se como um pilar central da estratégia de sustentabilidade do Sítio Agroecológico. Essa articulação não apenas diversifica as fontes de renda familiar, mitigando riscos e fortalecendo a base econômica da propriedade, mas também desempenha um papel fundamental na educação ambiental e na (re)conexão entre os mundos urbano e rural. A participação no SPG fomenta redes de confiança, intercâmbio de saberes e governança colaborativa - elementos que reforçam o capital social e a autonomia dos agricultores frente aos modelos convencionais de certificação e comercialização.

A despeito dos resultados positivos, a análise identificou pontos que representam oportunidades de aprimoramento contínuo. Na dimensão ambiental, o manejo da água para irrigação - atualmente dependente de fontes não tratadas -, a utilização residual de insumos minerais na adubação e a observação de áreas com compactação do solo indicam a necessidade de otimização. Esses ajustes podem contribuir significativamente para elevar o ISA e a resiliência do agroecossistema.

Apesar da eficiência da gestão familiar, a expansão sustentável requer investimentos. Adoção de energia solar, a captação e armazenamento de água pluvial, e a melhoria da infraestrutura para visitantes - incluindo sanitários adequados e espaços para exposição e comercialização de produtos - configuram-se como caminhos viáveis para agregar valor e fortalecer a sustentabilidade econômica da propriedade no longo prazo.

A manutenção da viabilidade econômica frente à crescente dificuldade de retenção de mão de obra familiar, a necessidade constante de adaptação às pressões fitossanitárias em sistemas diversificados sem uso de agrotóxicos e os entraves para acessar canais de comercialização que efetivamente reconheçam os diferenciais de qualidade e os serviços ambientais prestados configuram obstáculos persistentes. Esses desafios ressaltam a urgência de políticas públicas mais robustas e adaptadas, que assegurem assistência técnica qualificada, apoio à certificação participativa e o fomento a circuitos curtos de comercialização.

O Sítio Agroecológico demonstra que um desenvolvimento rural alternativo é possível, articulando saberes tradicionais e técnicos. Sua trajetória evidencia a agroecologia como estratégia para segurança alimentar, adaptação climática e justiça territorial, sobretudo diante da crise socioambiental atual.

REFERÊNCIAS

[1] ABRANCHES, M. de O.; SILVA, GAM da; SANTOS, LC dos; PEREIRA, L.F.; FREITAS, GB de. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição das hortaliças. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 7, pág. e7410716351, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16351.

[2] ANDRADE, V. de C. T.; DA SILVA LIMA, M. B.; FERNANDES, I. L. C.. Possibilidades e Desafios da Agroecologia: Um estudo de caso no município de São Miguel, Oeste Potiguar. **Geoconexões**, v. 1, n. 12, p. 41-64, 2021.

[3] AQUINO, K. M. de; PASSINI, A. F. C.; CADORE, J. S. Identificação de impactos socioambientais relacionados aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: um estudo de caso em sítio agroecológico. **Rcmmadesearch, Society and Development**, v. 10, n. 9, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.16659.

[4] BAUMAN, Z. **Vida para o consumo: a transformação das pessoas em mercadoria.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

[5] BIRKHAHN, A. P.; GARITO, C. L. dos S.; VIEIRA, E. P.; BRIZOLLA, M. M. B.; MOREIRA, M. A. F.; DUBAL, N. C.; SCHUH, P. L.; FILIPIN, R. Sustentabilidade na atividade rural: Um estudo em uma propriedade de pequeno porte no noroeste gaúcho. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.24628.

[6] COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, CMMAD, 1991.

[7] COSTA, A. N. da(Org.). **Cinturão verde: sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço.** Ponta Grossa, PR: Atena, 2022. E-book. ISBN 978-65-258-0002-8. DOI:http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.028223003

[8] FALCONES, A. C. V.; VERGARA CEVALLOS, D. A.; PÉREZ PLAZA, J. G. Una propuesta de modelo de gestión para el desarrollo del turismo agroecológico. **Revista Internacional de Turismo, Empresa y Território**, v. 8, n. 1, 2024.

[9] FERNÁNDEZ, A. J. El papel del turismo agroecológico como herramienta para el diseño de productos sustentables. **Rigistur**, v. 4, n. 1, 2024. DOI:http://dx.doi.org/10.51260/rigistur.v4i1.478.

[10] FONTOURA, L. M.; FOGAÇA, I. F.; VIANA, J. P.; PINTO, C. S. S.; LIMA, G. S. Turismo e agroecologia: um estudo de caso em Maricá (RJ). **Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024. Cadernos de Agroecologia. ISSN 2236-7934.

[11] GUARINO, E., GOMES, G., MOLINA, A., MIURA, A., de SOUSA, L. P., GOMES, G. C., ... & DE SOUSA, L. P. **Cortinas vegetais multipropósito**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021.

[12] LOPES, K.; STURZA, J. A. I. Análise ponderada de impacto ambiental (APOIA-NovoRural) em agricultura familiar no município de Mineiros-GO. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 3, 2022.

[13] LOUBACK, G. C.; NOVAEZ, M. S.; VARDIERO, L. G.; CAMPOS, L. C. Análise da sustentabilidade no Sítio Jaqueira Agroecologia, utilizando a ferramenta APOIA-NovoRural. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 6, 2023. DOI:http://dx.doi.org/ 10.55905/oelv21n6-043.

[14] MACIEL, M. D. A. ; TROIAN, A. A produção de novidades da agricultura familiar: o protagonismo dos sistemas orgânicos e agroecológicos no desenvolvimento sustentável. **Desafio Online**, v. 10, n. 3, p. 408-431, 2022.

[15] MELO, T.; REDIN, E.; BARBÉ, L. C. Crédito rural e fundiário: acesso e percepções das famílias rurais na região noroeste de Minas Gerais. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 24, n. 3, p. 943-958, jul./set. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.20435/inter. v24i3.3552.

[16] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Produtos orgânicos: sistemas participativos de garantia.** Brasília: MAPA/ACS, 2008. 44 p. ISBN 978-85-99851-45-6.

[17] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: ONU**, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf. Acesso em: 21 maio 2025.

[18] SANTA ROSA. Lei Complementar nº 33, de 11 de outubro de 2006. **Institui o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Municipal Sustentável de Santa Rosa e dá outras providências**. Santa Rosa, RS: Prefeitura Municipal, 2006.

[19] SILVA, R. M. A.; NUNES, E. M. (2023). Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 61(2), e252661. DOI: https://doi. org/10.1590/1806-9479.2021.252661.

[20] SOUZA, V. R. de, REIS, L. N. G. dos, MARTINS, M. T.; SILVA, K. M. (2022). BARREIRAS DE PROTEÇÃO EM PROPRIEDADES AGROECOLÓGICAS: incremento da renda familiar. **Revista Acadêmica Online**, vol. 8, nº 42, dez. 2022.

Capítulo 10

Repensando o uso do plástico: integração de educação e sustentabilidade na escola

Ana Luiza de Souza Leite
Diesley Evangelista Mendonça
Isabelle Guedes do Nascimento
Jennyfer Klissya Ferreira Sousa
Josuelma Gomes Silva
Maria Eduarda dos Santos Oliveira
Flávia de Campos Martins

Resumo: O crescimento populacional acelerado, aliado ao modelo de desenvolvimento baseado na exploração excessiva dos recursos naturais, intensificou a crise ambiental contemporânea, marcada pela geração de resíduos sólidos em escala global. Dentre esses resíduos, o plástico é o mais preocupante devido ao seu uso massivo, baixo custo de produção e longa durabilidade, características que dificultam sua decomposição natural e agravam sua acumulação no ambiente. Estima-se que mais de 300 milhões de toneladas de plástico sejam produzidas anualmente, das quais grande parte não é reciclada, provocando sérios impactos nos ecossistemas aquáticos e terrestres, além de riscos diretos à saúde humana. Nesse cenário, a educação ambiental se configura como estratégia fundamental para sensibilizar e engajar jovens em práticas mais sustentáveis. Este capítulo apresenta um projeto de extensão desenvolvido por estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco (UPE), cujo objetivo foi promover a reflexão crítica sobre o consumo e o descarte inadequado do plástico junto a estudantes do Ensino Fundamental II. As atividades incluíram rodas de conversa, coleta de resíduos e oficinas de reutilização criativa, possibilitando aos participantes não apenas compreender os impactos ambientais, mas também vivenciar alternativas de reutilização do plástico. Os resultados evidenciaram o potencial da educação ambiental crítica e participativa na formação de cidadãos mais conscientes e engajados com a sustentabilidade.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Sustentabilidade, Resíduos plásticos, Ensino de Ciências, Reutilização.

1. INTRODUÇÃO

O avanço industrial, aliado ao consumo desenfreado e à busca pela conveniência, tem gerado sérios problemas ambientais, entre eles a crescente produção de resíduos sólidos, especialmente plásticos. Esse material, introduzido em larga escala no século XX, é amplamente utilizado em diversos setores, como embalagens, construção civil, eletrônicos, saúde e indústria automobilística, principalmente por sua versatilidade, baixo custo e durabilidade (Mucelin; Bellini, 2008; Azevedo; Herbst, 2022).

Entretanto, justamente essas propriedades conferem ao plástico um alto potencial de impacto ambiental, visto que sua decomposição pode levar séculos. Estima-se que resíduos plásticos já estejam presentes no solo, nos rios, nos oceanos, em sedimentos e até mesmo em partículas suspensas no ar e nas nuvens (Medeiros; Scabin, 2023). A fragmentação em microplásticos e nanoplásticos agrava ainda mais o problema, pois esses contaminantes podem ser ingeridos por organismos aquáticos e terrestres, acumulando-se nas cadeias alimentares e chegando à dieta humana.

De acordo com estimativas da ONU (2021), caso não haja mudanças significativas na forma de produção e descarte, até 2050 a quantidade de plásticos nos oceanos poderá superar a de peixes. Além disso, o Brasil figura entre os maiores produtores de lixo plástico do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia, mas apresenta índices extremamente baixos de reciclagem (Rodrigues et al., 2020). Atualmente, apenas uma pequena fração — cerca de 1% — do plástico produzido é efetivamente reciclada, o que torna urgente a adoção de estratégias de reutilização e redução do consumo (Sousa et al., 2012).

Nesse contexto, a educação ambiental crítica emerge como uma ferramenta essencial para fomentar a reflexão sobre o consumo, a responsabilidade socioambiental e o engajamento em ações coletivas. A escola, como espaço de formação integral, possui papel central na promoção de valores sustentáveis, estimulando os estudantes a desenvolverem pensamento crítico e atitudes transformadoras (Cruz; Sousa; Freitas, 2020).

Este capítulo apresenta um projeto de extensão realizado com estudantes do 9º ano da Escola de Aplicação Professora Vande de Souza Ferreira, vinculado à UPE – Campus Petrolina, cujo objetivo foi sensibilizar os alunos para os impactos do uso e descarte inadequado do plástico e propor alternativas práticas de reutilização, integrando teoria, reflexão e prática criativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido com 40 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental II, com idades entre 13 e 14 anos. Essa faixa etária foi escolhida por se tratar do estágio operatório formal descrito por Piaget, fase em que os adolescentes desenvolvem a capacidade de pensar de forma abstrata e hipotético-dedutiva, o que favorece discussões críticas e reflexivas sobre temas complexos, como as implicações do uso do plástico (Rizzi; Costa, 2004).

As atividades foram organizadas em três encontros realizados em maio de 2025:

1. Roda de conversa: debate inicial sobre os impactos do plástico no ambiente, utilizando reportagens, dados científicos e imagens.
2. Coleta de resíduos plásticos: mobilização dos estudantes para coletar resíduos em suas casas.

3. Oficina de reutilização criativa: transformação dos resíduos coletados em objetos utilitários e decorativos.

3. RESULTADOS

1) Primeiro momento - Roda de conversa

Durante a roda de conversa (figura 1), os estudantes demonstraram surpresa e interesse diante de dados sobre poluição por plásticos e microplásticos. Muitos relataram nunca terem refletido sobre a presença de plástico em alimentos e na água, o que estimulou comparações com o cotidiano, como o uso de embalagens descartáveis na escola e em casa. A atividade serviu como ponto inicial de reflexão crítica sobre os hábitos de consumo.

Figura 1. Rodas de conversa sobre o consumismo e o descarte inadequado do plástico, com estudantes do 9º ano da Escola de Aplicação Professora Vande de Souza Ferreira

Figura 1. Rodas de conversa sobre o consumismo e o descarte inadequado do plástico, com estudantes do 9º ano da Escola de Aplicação Professora Vande de Souza Ferreira (continuação)

2) Segundo momento - Coleta de resíduos plásticos

Na coleta de resíduos plásticos (figura 2), evidenciou-se a grande quantidade de lixo gerado diariamente nas residências. Alguns estudantes tiveram dificuldades em trazer materiais, revelando desigualdades de consumo e descarte, mas a equipe do projeto complementou a atividade com materiais extras, garantindo a participação de todos. A exposição dos resíduos coletados despertou reflexões sobre a destinação do lixo urbano e a responsabilidade de cada indivíduo nesse processo.

Figura 2. Materiais plásticos coletados por estudantes do 9º ano da Escola de Aplicação Professora Vande de Souza Ferreira

3) Terceiro momento: Oficina de reutilização criativa

Na oficina de reutilização criativa, os materiais coletados foram transformados em porta-lápis, brinquedos, vasos, chaveiros, enfeites e porta-joias. A atividade favoreceu o trabalho coletivo, a criatividade e o protagonismo estudantil, gerando entusiasmo, engajamento e cooperação. O registro fotográfico e em vídeo possibilitou a comparação entre resíduos originais e os novos objetos, contribuindo para a socialização de saberes e para a valorização do aprendizado prático.

Figura 3. Oficina e materiais produzidos durante a oficina de reutilização criativa do plástico coletado por estudantes do 9º ano da Escola de Aplicação Professora Vande de Souza Ferreira

4. DISCUSSÃO

A experiência revelou que práticas educativas baseadas em metodologias ativas são eficazes para estimular o protagonismo juvenil e a construção de novos valores socioambientais. A roda de conversa proporcionou a problematização de hábitos de consumo e descarte, favorecendo a aprendizagem por meio do diálogo e da reflexão crítica, em consonância com a Educação Ambiental crítica (Cruz; Sousa; Freitas, 2020).

A coleta de resíduos destacou que o plástico está profundamente integrado à vida cotidiana, o que reforça dados internacionais que apontam mais de 300 milhões de toneladas de plástico produzidas anualmente (Eriksen et al., 2020). Além disso, a ONU (2021) alerta que, sem mudanças significativas, até 2050 poderá haver mais plástico do que peixes nos oceanos, evidenciando a urgência de novos comportamentos e práticas.

A oficina prática contribuiu para a autonomia e o protagonismo dos estudantes, favorecendo a responsabilidade ambiental. O estágio cognitivo descrito por Piaget como operatório formal (Rizzi; Costa, 2004) possibilitou a compreensão de relações de causa e efeito, ampliando a capacidade de análise crítica dos jovens.

O projeto também dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 12, que trata do consumo e da produção responsáveis, e o ODS 15, voltado à vida terrestre. As atividades estimularam a reflexão sobre alternativas à reciclagem, ainda incipiente no Brasil, e mostraram que a reutilização pode ser um caminho viável para reduzir os impactos ambientais.

Entretanto, algumas limitações foram encontradas, como o tempo reduzido para execução das atividades, dificuldades logísticas na coleta de resíduos e instabilidades no calendário escolar. Ainda assim, a flexibilidade da equipe e o apoio da escola permitiram a reorganização das etapas e garantiram a efetividade do projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto demonstrou o potencial da escola como espaço de formação crítica e cidadania ambiental. Os resultados alcançados evidenciam o desenvolvimento do pensamento crítico sobre consumo e descarte, o engajamento e o entusiasmo dos estudantes, a criação de objetos úteis e decorativos a partir de resíduos plásticos, e o fortalecimento da cooperação e do trabalho em grupo. Houve ainda integração entre teoria, prática e vivências significativas, fundamentais para a consolidação da aprendizagem.

Entre as perspectivas futuras, destaca-se a realização de exposições escolares abertas à comunidade com os objetos produzidos, a ampliação das oficinas para outras turmas e escolas, a criação de materiais digitais como portfólios e publicações em redes sociais para divulgar os resultados, e a institucionalização de oficinas regulares no calendário escolar. Tais ações podem ampliar o alcance da iniciativa e fortalecer a cultura da sustentabilidade no ambiente educacional.

O projeto reafirma o papel transformador da Educação Ambiental no espaço escolar, evidenciando que os estudantes, quando estimulados de forma participativa, tornam-se protagonistas de mudanças em seus hábitos e multiplicadores de práticas sustentáveis. Essa experiência reforça a importância de integrar a sustentabilidade ao currículo escolar, contribuindo para a formação de cidadãos críticos, responsáveis e comprometidos com o futuro do planeta.

REFERÊNCIAS

[1] AZEVEDO, A. S. F.; HERBST, M. H. Está chovendo microplásticos! E agora? Química Nova na Escola, v. 44, n. 2, 2022. DOI: 10.21577/0104-8899.20160314.

[2] CRUZ, B. S. M. da; SOUSA, M. L. de; FREITAS, A. B. R. de. Reutilização de plásticos: uma forma de articular a educação ambiental e o ensino de polímeros através de uma feira de ciências. Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v. 12, p. 103–121, 2020. DOI: 10.22407/1984-5693.2020.v12.p.103-121.

[3] ERIKSEN, M. K. et al. Dynamic Material Flow Analysis of PET, PE, and PP Flows in Europe: Evaluation of the Potential for Circular Economy. Environmental Science & Technology, v. 54, n. 24, p. 16166–16175, 2020.

[4] MEDEIROS, R.; SCABIN, D. Plástico. Portal de Educação Ambiental – SEMIL, São Paulo, 2023. Disponível em: https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/plastico.

[5] MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Revista de Ciências Ambientais, v. 2, n. 1, p. 27–41, 2008.

[6] ONU. Relatório sobre plásticos e meio ambiente. Organização das Nações Unidas, 2021.

[7] PONTALTI, E. S. Projeto de Educação Ambiental: Parque Cinturão Verde de Cianorte. APROMAC,

2005. Disponível em: http://www.apromac.org.br.

[8] RIZZI, C. B.; COSTA, A. C. R. O período de desenvolvimento das operações formais na perspectiva piagetiana: aspectos mentais, sociais e estruturais. Educere, v. 4, n. 1, p. 29–42, 2004.

[9] RODRIGUES, G. O. et al. A computational model to reduce the use of plastic cups in an institution of higher education. GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, n. 3, p. 206–222, 2020.

[10] SOUSA, T. K. A.; MOURA, J. M.; FERNANDES, A. T. Reutilização de PET como prática de educação ambiental na creche municipal Wilmon Ferreira de Souza – bairro Três Barras. Anais do III Congresso de Gestão Ambiental, v. 16, n. 1, 2012.

Autores

AUTORES

JOSÉ HENRIQUE PORTO SILVEIRA (ORGANIZADOR)

Bacharel e licenciado em Psicologia pela UFMG, Especialização em Percepção e Planejamento Urbano. Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental, especialização em educação ambiental. Consultor em percepção e educação ambiental. Sócio diretor da Alternativa Educação e Manejo Ambiental.

ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES

Professora Adjunta IV da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo, Rio Grande do Sul. Atua nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária; e Engenharia Civil da UFFS. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (PPGATS) da UFFS e do Programa de Pós-Graduação (Mestrado/Doutorado) em Desenvolvimento e Políticas Públicas (PPDPP) da UFFS. Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da UFFS por duas gestões (2019 - 2023). Coordenadora do Laboratório de Águas e Ecotoxicologia da UFFS (2013 - atual). Coordenadora da Comissão Responsável pela Implementação, Monitoramento, Avaliação e Revisão do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFFS Campus Cerro Largo - RS (2018 - atual). Presidente da Comissão de Defesa do Meio Ambiente (COMPAM) de Cerro Largo. Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC (2013-2017). Pesquisadora da área de Tratamento de Águas de Abastecimento Público; Políticas Públicas Ambientais e de Saneamento Básico. Extensionista da área Saneamento Básico e de Sustentabilidade Ambiental.

ALINE RAQUEL MÜLLER TONES

Doutora em Engenharia Química. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Políticas Públicas, PPGDPP. UFFS. Cerro Largo. RS.

ANA CAROLINA FERREIRA ANTONINI

Acadêmica de Engenharia Ambiental e Sanitária, na Universidade Federal da Fronteira Sul

ANA PAULA DA COSTA MAYER

Possui graduação em Ciências Contábeis (1996) e especialização em Controladoria pela Universidade Federal de Santa Maria (2003) e atua atualmente como Contadora na Divisão de Contabilidade do Departamento de Contabilidade e Finanças / PRA /UFSM.

ANDRÉ LUÍS BONFADA

Mestrado em Desenvolvimento e Políticas Públicas, UFFS. Cerro Largo. RS.

ANNA BEATRIZ JACOMASSI RAMOS

Estudante de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Presbiteriana Mackenzie, aluna de Iniciação científica no segmento de arquitetura/construção civil sustentável.

CLAÚDIO ROBERTO SCALCON

Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Maria(1989) e especialização em ESPECIALIZAÇÃO EM FINANÇAS pela Universidade Franciscana(2009). Atualmente é Contador da Universidade Federal de Santa Maria

DANIELA PEGORARO

Doutoranda em Administração (UFSM)

AUTORES

DARCIONE SPOLAOR

Mestrado em Administração Pública (EBAPE_FGV). Cerro Largo. RS.

FLÁVIA DE CAMPOS MARTINS

É licenciada em Ciências Biológicas pela UNESP, mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar e doutora em Ecologia pela UnB. Atua no ensino de graduação e pós-graduação, incluindo gestão acadêmica. Tem experiência em pesquisa em Ecologia de Comunidades e Populações de Aves e Educação para a Conservação, abordando estrutura de comunidades, monitoramento de ecossistemas aquáticos, bioindicadores, dimensões humanas, estudos de gênero, ensino de ecologia e educação ambiental. É professora adjunta da UPE (Campus Petrolina) e coordena o Projeto Ecoar (@projetoecoarr), voltado à divulgação científica socioambiental.

FRANCISCO SANTOS SABBADINI

Pós-doutor em Economia Circular e Metabolismo Econômico Regional, pela Universidade de Aveiro, Portugal. Doutor em engenharia de produção pelo Programa de Pós-Graduação e Pesquisa (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (2010), Mestre em Administração e Desenvolvimento Empresarial pela Unesa (2005), Especialista em Gestão da Qualidade pela Associação Educacional Dom Bosco (1998), Bacharel em Ciências Econômicas pela Associação Educacional Dom Bosco (1997). Professor nos cursos de Engenharia de Produção e de Pós-Graduação em Engenharia da Qualidade, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Certificação em Circular Economy Specialist (High Mastery), École des Ponts (2025). Pesquisador no grupo de pesquisa em engenharia de produção e gestão industrial e coordenador do Grupo de Pesquisa em Economia Circular, Sustentabilidade e Sistemas na mesma instituição. Coordenador do Laboratório de Inovação Cinova-UERJ e da Iniciativa UERJ-CIRCULAR, orientada para o desenvolvimento de estudos e projetos no campo da economia Circular e indústria 4.0. Professor no Programa de Mestrado em Engenharia de Produção (PPGEP) na Universidade Federal Fluminense (UFF) em Volta Redonda. É membro do EURO Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS) e da International Society for the Circular Economy (IS4CE). Diretor do Centro de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica George Eastman - Parque Tecnológico - UERJ no período de 2020 a 2022 e de 2024 até o momento.

JOSNEI MACHRY WEBER

Doutorando em Desenvolvimento e Políticas Públicas, UFFS. Cerro Largo. RS.

KAREN NICCOLI RAMIREZ

Pós-Doutora, doutora e mestre pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenheira civil e de produção pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie e do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

KELLY ALONSO COSTA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e doutorado em Engenharia Civil. Atualmente é professor Associado da Universidade Federal Fluminense, Polo de Volta Redonda, pertencente ao Departamento de Engenharia de Produção. Atualmente é a Coordenadora do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Mestrado Profissional da Universidade Federal Fluminense (PPGEP) em Volta Redonda. Também atua como professora do Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental da UFF (PGTA). Tem experiência em Sustentabilidade, Avaliação em ciclo de vida, resíduos, modelagem computacional, Sistemas de Informação, Indústria 4.0 e Estatística. É integrante do Comitê Assessor de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação - CAPPI/PROPPI/UFF e do Comitê Multidisciplinar de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação CMPPI/PROPPI/UFF

AUTORES

LETÍCIA ANDREOLA VELASQUES

Mestranda em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade Federal Fronteira Sul - UFFS, graduação em Engenharia Química pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (2021), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Anhanguera e graduação em andamento em Química Licenciatura. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em química, mecânica dos fluidos, tratamento de efluentes e licenciamento ambiental.

LUIS FELIPE DIAS LOPES

Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil(2001) Professor Pesquisador da Universidade Aberta do Brasil - CAPES , Brasil

MIRIAM MACHADO FABRIS MESQUISA

Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF), graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), especialista em gestão de projetos pela Universidade de São Paulo (USP/Esalq). Desenvolve pesquisas nas áreas de Economia Circular e Sustentabilidade.

MORGANA DE OLIVEIRA MACHADO

Graduada em Administração pela UNIJUÍ (2001). Aluna especial no Programa de Pós-Graduação em Administração da UFSM, com atuação em disciplinas de Finanças e Estratégia. Voluntária em projetos de pesquisa nas áreas de Gestão de Pessoas, Comportamento Organizacional e Administração de Recursos Humanos. Possui 28 anos de experiência na gestão de pequenas empresas e franquias. Desenvolve pesquisa aplicada na linha de Organizações, Estratégia e Sustentabilidade, com interesse em comportamento organizacional, estresse ocupacional, bem-estar no trabalho, inovação e estratégia em organizações.

NELSON ORTIZ BITENCOURT

Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Maria e Especialização em Controladoria e Finanças pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é contador da Universidade Federal de Santa Maria, sendo Diretor do Departamento de Contabilidade e Finanças. Faz parte da ATENS/UFSM (Associação de Técnicos de Nível Superior)- Seção Sindical, atuando como Diretor Financeiro. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Ciências Contábeis.

PAULO RICARDO DE JESUS COSTA

Possui graduação em Ciências Contábeis - UFSM; Pós-Graduação em Administração e Gestão Pública - UFSM; Pós-Graduação em Controladoria - UFSM; Certificação em Ouvidoria pela Escola Nacional de Administração Pública - ENAP; Certificação avançada em Atendimento ao Cidadão - ENAP,; Certificação avançada Gestor Ágil para Transformação Digital - ENAP; Servidor Público da Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria/RS; Professor de Cursos Preparatórios para Concursos Públicos; Professor de Cursos Técnicos, Graduado no PEG - Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional/UFSM; Professor Voluntário do Colégio Politécnico da UFSM nos Cursos Técnico de Contabilidade e Administração e também Cooperativismo.

RAIANE TEODORO DE ALMEIDA

Graduada em Engenharia de Produção, atualmente cursa o Mestrado Profissional em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (PPGEP-UFF), com foco em sustentabilidade e apoio à tomada de decisão. Possui experiência e interesse em temas como sustentabilidade, gestão

AUTORES

de resíduos e inovação. Atuou como monitora da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral II durante a graduação e participou de simpósios e jornadas de iniciação científica, demonstrando constante envolvimento e interesse em atividades acadêmicas e de pesquisa.

RAYSSA CLEIDE DE OLIVEIRA

Mestrado em Administração pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil(2023) Estagiária de Docência Orientada da Universidade Federal de Santa Maria , Brasil

ROSANA BRETTAS DA SILVA

Mestre em Gestão das Organizações Públicas na UFSM (2023), Graduação em Administração (2021), Especialista em Didática Universitária (2009), Licenciada em Pedagogia (2014), MBA em Gestão e Finanças Empresariais (2014), Graduada em Gestão Estratégica das Organizações com foco em Gestão Financeira (2007), e habilitada em tutoria de EaD pela Instituto Federal do Amazonas - IFAM (2015).

ROSANGELA DE ARRUDA

Mestre em Gestão Estratégica de Organizações pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI Santo Ângelo/RS). Graduada em Psicologia pela mesma instituição (1999). Possui especialização em Educação Especial pela Universidade de Passo Fundo (UPF/RS), em Docência para o Ensino Superior pelo CNEC IESA (Santo Ângelo/RS) e em Gestão em Saúde Mental e Atenção Psicossocial.Atua como Psicóloga na Unidade de Pronto Atendimento (UPA) do município de Santo Ângelo/RS. Foi Coordenadora e gerenciadora de equipe no CAPS AD Álcool e Outras Drogas de Santo Ângelo, além de Presidente do Conselho Municipal Antidrogas (COMAD). Atuou como Preceptora do Programa PET-Saúde Saúde do Trabalhador pelo Ministério da Saúde.Na área acadêmica, foi Coordenadora do Curso de Psicologia da FASA Faculdade de Santo Ângelo e atualmente é docente do mesmo curso, ministrando disciplinas como História da Psicologia, Psicologia Experimental, Saúde Mental do Trabalhador, Psicologia Social e Comunitária, Neuropsicologia, Saúde Mental e Psicologia Coletiva.

SILVIA CORREA

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutorado em Ambits de Recerca En La Construcció i Energies en l'Arquitectura- Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona Tech (1998). Desenvolveu tese de doutorado sobre integração de sistemas de iluminação natural e artificial. Realizou atividade de ensino e pesquisa na Universidade Federal de Santa Catarina, como bolsista recém doutor pelo CNPQ. Exerceu atividade de arquitetura e interiores em escritório próprio de 1978 a 2006. Atualmente é professora associada da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sule participa do Núcleo de Relações Internaçionais da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.Tem experiência na atividade de ensino de projeto arquitetônico, atuando principalmente nos seguintes temas:projeto arquitetônico direcionado para a sustentabilidade e eficiência energética, projetos de escolas, conforto visual, iluminação natural e artificial.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson